ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 NOVEMBRE 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Observations du passage de Mercure sur le disque solaire, le* 8 *novembre* 1927, *aux Observatoires de Paris et de Meudon.* Note de M. **H. Deslandres.**

La Note actuelle résume brièvement les observations du passage de la planète Mercure sur le disque solaire, faites à l'Observatoire de Paris et à l'Observatoire de Meudon.

Ces observations offrent un grand intérêt, car elles donnent des positions exactes de la planète, rapportées directement au Soleil, et donc les écarts par rapport aux éphémérides. Ces positions exactes sont précieuses pour reconnaître les anomalies de l'orbite et aussi les petites variations possibles de la durée de rotation de la Terre ([1]).

Tous les instruments des deux observatoires ont été utilisés, à savoir :

A Paris, l'équatorial de l'Est par M. Giacobini assisté de Mme Chandon. L'objectif de 38^cm^ d'ouverture avait été diaphragmé à 15^cm^.

L'équatorial de l'Ouest par M. Fatou assisté de Mlle Bonnet.

L'équatorial de la Carte du Ciel par M. J. Baillaud assisté de M. Mineur.

MM. Hamy, Salet et Brisse ont observé avec de petits instruments de la collection, non portés par une monture équatoriale.

([1]) Newcomb a examiné avec soin les mesures de tous les passages antérieurs de la planète, pour rechercher si elles pouvaient déceler de petites variations de la durée de rotation de la Terre. Il a conclu que ces variations étaient probables, mais non encore certaines. La question sera reprise lorsque les observations seront plus nombreuses et plus précises.

A Meudon :

La grande lunette a été confiée à MM. Baldet et Antoniadi qui ont observé surtout le premier, les contacts, et le second l'aspect physique de la planète. L'objectif de 83^{cm} a été employé à toute ouverture.

MM. d'Azambuja et Grenat ont utilisé l'objectif photographique de $0^{m},62$ d'ouverture et 16^{cm} de distance focale, qui recevait la lumière du grand sidérostat [1].

Enfin M. Burson a observé avec l'équatorial de 8 pouces.

II. Au lever du Soleil la planète était déjà sur le disque solaire, et les astronomes ont pu observer seulement la deuxième partie du phénomène, et en particulier le troisième contact intérieur et le quatrième extérieur. Les conditions étaient peu favorables; le Soleil était à une faible hauteur au-dessus de l'horizon et les images étaient ondulantes. Au début le ciel était couvert à l'Est, mais il s'est éclairci un quart d'heure avant le troisième contact, qui a pu être observé par tous. Aussitôt après des nuages légers se sont interposés, et la mesure du quatrième contact a été difficile surtout avec les petits instruments [2].

Les observateurs ont noté l'absence de tout point brillant sur le disque noir de la planète et aussi d'un liséré brillant sur le pourtour. Ceux qui avaient une lunette grande ou moyenne ont observé au contact intérieur le phénomène bien connu de la goutte noire ou du ligament noir, qui apporte, comme on sait, une gêne sérieuse. Dans les passages précédents, les écarts entre les observateurs d'un même lieu ont dépassé parfois 10 secondes de temps pour l'heure du contact; chaque observateur se fait une idée différente de ce qu'est un contact réel. D'ailleurs, le 8 novembre la goutte noire a persisté pendant un temps relativement long dans les deux observatoires.

Si la goutte noire est due à la diffraction seule, le contact réel a lieu au moment où le développement de la goutte est maximum, et, le contact qui est observé dans la lunette quelques secondes plus tard, n'est qu'une apparence. Mais d'autres causes interviennent dans le phénomène [3].

Or, à Meudon, les astronomes ont noté le moment où la goutte noire est maxima, alors que ceux de Paris ont relevé surtout le contact apparent. Si

---

[1] Ce dispositif instrumental avait donné dans les mois précédents de belles photographies du Soleil

[2] Les conditions ont été les mêmes pour les deux observatoires; la direction du Soleil était à peu près celle de la ligne qui les réunit.

[3] Parfois le même instrument a montré la goutte noire à l'un des contacts intérieurs et pas à l'autre.

l'on tient compte de ces différences, l'accord entre les mesures est satisfaisant.

De même que dans les passages précédents, le troisième contact (intérieur) est en avance sur le contact calculé. Pour la commodité, je donnerai seulement pour chaque instrument l'avance mesurée.

Équatorial de l'Est [M. Giacobini (1)] avance.................. 16ˢ
Équatorial de l'Ouest (M. Fatou et Mˡˡᵉ Bonnet)................ 14ˢ

Avec les petits instruments,

M. Salet a trouvé....................... 30ˢ
Mᵐᵉ Chandon (2)...................... 17ˢ
M. Brisse............................. 14ˢ

A Meudon :

Grande lunette (M. Baldet) avance......... .... 26ˢ
Objectif photographique (MM. d'Azambuja et Grenat sur une épreuve faite entre le troisième et le quatrième contact).... 21ˢ
Objectif de 8 pouces M. Burson................................ 24ˢ

Les résultats avec la grande lunette de Meudon doivent retenir l'attention; la grande ouverture de l'objectif a permis d'avoir une mesure assez bonne du quatrième contact. L'observation était faite par projection sur un papier blanc, la planète étant représentée par un disque noir de 4ᵐᵐ de diamètre. Je reproduis ici les notes mêmes de M. Baldet :

8ʰ27ᵐ51ˢ T. U. La planète s'allonge très légèrement vers le bord solaire et s'y rattache par une très légère ombre.
8ʰ27ᵐ58ˢ La légère ombre s'est épaissie et est devenue une forte goutte noire.
8ʰ28ᵐ 8ˢ Le disque noir de la planète paraît tangent intérieurement au bord solaire.
8ʰ29ᵐ35ˢ Des nuages un peu transparents passent devant le Soleil. Une trace du disque de Mercure se soupçonne encore.
8ʰ29ᵐ38ˢ Les nuages sont plus épais. Il est difficile de décider si la planète est encore visible.
8ʰ29ᵐ41ˢ La planète a quitté certainement le bord solaire.

D'autre part les heures calculées des contacts sont :

Troisième contact intérieur : 8ʰ23ᵐ24ˢ
Quatrième contact extérieur : 8ʰ30ᵐ 5ˢ

---

(1) M. Giacobini a mesuré aussi avant le troisième contact, pour deux positions de la planète la distance minima au bord solaire.

(2) Mᵐᵉ Chandon a observé avec le chercheur de l'équatorial de l'Est.

Si l'on adopte pour l'heure observée du quatrième contact $8^h 29^m 38^s$ avec une erreur qui ne paraît pas dépasser 3^s, l'avance est de 27^s et en accord avec l'avance de 26^s donnée par le même appareil au troisième contact ([1]).

S'il est nécessaire, les détails de ces mesures seront donnés dans une autre publication.

ASTRONOMIE. — *Passage de Mercure sur le Soleil, observé le* 10 *novembre* 1927 *à l'Observatoire de Paris*, par M. G. **Bigourdan**.

J'ai observé ce passage en plein air, avec une lunette achromatique ancienne (dite Lunette de l'Empereur) non diaphragmée, montée sur un pied à la Cauchoix, azimutal, peu stable, à mouvements de rappel assez grossiers. Il avait été amené sur la terrasse dallée de la façade sud, et placé à 20^m à l'Ouest du méridien de Paris. Cette lunette a $0^m,102$ d'ouverture, $1^m,65$ de long et était munie d'un oculaire négatif qui grossit 60 fois en diamètre. Le champ est assez petit. La lumière était affaiblie par une lame de verre ordinaire enfumée à la lampe et tenue à la main; elle était assez opaque et laissait au Soleil un éclat rougeâtre moyen qui ne fatiguait pas l'œil. Toutefois à la fin, vers $8^h 30^m$, au moment où le Soleil a été fortement affaibli par de petits nuages formant brume, j'ai employé un verre gradué, teinte neutre, beaucoup moins foncé que le verre enfumé.

J'étais assisté par M. Stoyko qui notait les heures sur une montre à secondes, réglée sur le temps civil et qui était en avance de 17^s; toutes les heures ci-dessous sont celles de la montre, diminuées de 17^s.

Le Soleil a été caché par les nuages jusqu'à $7^h 45^m$; il y a eu alors une courte éclaircie, et le Soleil était visible à travers les sommets des branches des arbres voisins; j'ai cherché Mercure un instant et n'ai pu l'apercevoir.

Le ciel, dans la partie occupée par le Soleil, s'est dégagé complètement à partir de $8^h 7^m$; alors les branches ne gênaient plus, et depuis ce moment j'ai vu Mercure à peu près constamment. Il a toujours paru très noir, aussi foncé que la partie du champ qui entourait immédiatement le Soleil. Les ondulations atmosphériques étaient moyennement sensibles; ce qui était

(1) L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* a donné ces heures des deux contacts au 1/10 de minute. Nous les avons calculées de nouveau, à 1 seconde près.

La moyenne des avances mesurées à Meudon avec les grands instruments est ainsi de 25^s (26^s, 21^s et 27^s).

tout aussi gênant c'étaient les très petits mouvements imprimés au pied et à la lunette par de légers mouvements de l'air.

Pendant les 15 premières minutes à partir de $8^h 7^m$, j'ai suivi Mercure pour saisir les instants des meilleures images; la planète m'a paru généralement prolongée radialement par une sorte de queue allongée très faible, à la limite de visibilité, qui la suivait et dont l'étendue, en diamètres de Mercure, était de $1,5 \times 1$; elle était moins visible quand les images devenaient meilleures et j'ai conclu immédiatement qu'elle ne devait pas avoir de réalité.

En même temps j'ai cherché attentivement l'anneau signalé autour de la planète dans certains de ses passages antérieurs; à aucun instant je n'ai pu en saisir la moindre trace. Je ne l'ai pas vu davantage dans une lunette de Dollond, de $0^m,090$ d'ouverture, et $1^m,16$ de long, grossissant 33 fois, avec laquelle observait M. Hamy, sur la même terrasse et sur le méridien de Paris; les images y étaient mieux terminées que dans l'autre, car les mouvements de l'air avaient moins d'influence sur l'instrument, d'ailleurs monté parallactiquement.

Pour la sortie (dernier contact intérieur) j'ai noté les deux heures $8^h 28^m 9^s$ et $8^h 28^m 28^s$; lors de la première le contact paraissait à peine complet, et lors de la seconde il l'était absolument : j'ai jugé immédiatement que le mieux est d'adopter la moyenne $8^h 28^m 18^s$.

A $8^h 28^m 53^s$, milieu entre le contact extérieur et l'intérieur.

A $8^h 29^m 17^s$, la planète forme encore une échancrure noire assez facilement visible.

A $8^h 29^m 49^s$, le ciel venant de se couvrir de petits nuages formant brume qui affaiblissent fortement le Soleil, je n'aperçois plus la moindre échancrure.

Au troisième contact observé, je n'ai aperçu rien qui ressemblât à la goutte noire; l'image de la planète était d'ailleurs bien petite pour se prêter à une telle observation.

ASTRONOMIE. — *Observation du passage de Mercure sur le Soleil le 10 novembre 1927.* Note de M. **Maurice Hamy.**

En raison de circonstances atmosphériques défavorables, le second contact intérieur seul a pu être observé, sur la terrasse du jardin de l'Observatoire de Paris.

L'instrument employé était une lunette de Dollond, de 90^{mm} d'ouverture

et de $1^m,15$ environ de distance focale. L'image du bord solaire étant très ondulante, le grossissement 33, qui eût été considéré comme insuffisant, en cas d'images stables, a été employé.

Le contact a paru être atteint à $8^h 28^m 5^s$, temps moyen de Greenwich, et dépassé à $8^h 28^m 25^s$.

L'arrivée des nuages, immédiatement après cette observation, n'a pas permis de suivre la planète jusqu'à sa sortie du disque solaire. D'ailleurs aucun phénomène optique particulier ne s'est manifesté.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Sur un oculaire permettant de faire tourner les images*. Note [1] de M. **Maurice Hamy**.

Dans diverses applications, on se trouve amené à modifier l'orientation des images fournies par une lunette. A cet effet, on dispose, entre l'œil et l'œilleton de l'oculaire, un prisme à réflexion totale, à faces rectangulaires, monté de façon que l'axe de figure de l'oculaire soit parallèle à l'hypoténuse et perpendiculaire à l'arête du dièdre droit du prisme. Après deux réfractions et une réflexion totale, dans le prisme, les rayons arrivent à l'œil de l'observateur, dans la même direction qu'au sortir immédiat de l'oculaire, mais les images ont éprouvé une rotation dont la valeur change, en faisant tourner le prisme autour de l'axe de l'oculaire. A l'Observatoire de Paris, ce dispositif paraît avoir été employé, pour la première fois, par Lœwy, vers 1885, dans des recherches concernant la flexion des instruments méridiens.

L'adjonction du prisme oblige l'observateur à s'éloigner de l'anneau oculaire de la lunette, en sorte que l'œil ne se place pas nécessairement dans une situation correcte, pour recevoir toute la lumière qui a traversé l'objectif. Au point de vue de la précision des mesures, il y a là, comme on sait, un sérieux inconvénient que je suis arrivé à éviter, dans des recherches récentes, en faisant usage d'une combinaison optique correcte. Invité à faire connaître ce dispositif, je me propose, dans ce qui suit, d'en donner une courte description.

Pour simplifier l'exposition, je désignerai par P le plan focal, corrigé des aberrations, d'un objectif, par F le foyer qui y est contenu et par F′ l'autre foyer. Les indices dont ces lettres sont affectées plus loin, ont pour but d'indiquer qu'elles se rapportent à des objectifs différents.

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

Considérons deux petits objectifs semblables O_1 et O_2 de longueur focale f, dont les axes principaux coïncident, ainsi que les foyers F'_1, F'_2, tandis que les foyers F_1 et F_2 sont placés à la distance $4f$ l'un de l'autre. Un pareil système, que j'appellerai véhicule, jouit de la propriété de donner d'un objet quelconque une image non agrandie, située à une distance de l'objet égale à $4f$.

En conséquence, les images de deux objets distincts, fournies par le véhicule, sont à la même distance l'une de l'autre que les objets eux-mêmes.

Pour parvenir au but à atteindre, je retire l'oculaire de la lunette et le remplace par un véhicule, disposé de façon que le plan focal P_1 de l'objectif O_1 coïncide avec le plan des fils du micromètre de la lunette. Dans ces conditions, les images des fils, fournies par le véhicule, se forment dans le plan focal P_2 de l'objectif O_2. D'autre part, le véhicule fournit une image de l'objectif de la lunette, placée à une distance des images des fils égale à la longueur focale de la lunette. En conséquence, si l'on installe l'oculaire de la lunette, à la suite du véhicule, de façon à voir nettement les images des fils, l'image de l'objectif de la lunette, fournie par l'oculaire, c'est-à-dire l'anneau oculaire, se forme dans l'œilleton de l'oculaire, à l'emplacement même qu'il occupe quand on utilise la lunette, sans adjonction de véhicule.

Pour donner au véhicule la propriété de faire tourner les images, quand on lui imprime une rotation autour de son axe, on installe, entre les objectifs O_1 et O_2, un prisme à réflexion totale rectangulaire, disposé de façon que l'axe principal commun de O_1 et O_2 soit parallèle à son hypoténuse et perpendiculaire à l'arête du dièdre droit. La distance de l'hypoténuse à l'axe principal est choisie de façon que le rayon incident, sur le prisme, coïncidant avec l'axe principal, soit en ligne droite avec le rayon émergent.

En réalité, l'introduction du prisme a pour effet de modifier un peu les propriétés du véhicule, parce que le passage des rayons, à travers le verre, détruit la coïncidence des foyers F'_1, F'_2. Il convient donc de changer légèrement la distance des objectifs O_1, O_2. Pratiquement, on la règle en examinant un objet éloigné, à travers le véhicule armé du prisme, et en la faisant varier jusqu'à ce que l'objet s'aperçoive comme à l'œil nu.

L'expérience montre que l'anneau oculaire se place bien ainsi au niveau de l'œilleton de l'oculaire.

Dans l'oculaire que j'ai réalisé, les objectifs O_1, O_2, ont 45^{mm} de longueur focale et 8^{mm} de diamètre. Ces dimensions n'ont certainement rien d'absolu. Je les indique simplement, parce que le résultat obtenu, en les adoptant, m'a donné satisfaction.

GÉOLOGIE. — *Quelques résultats du Congrès de l'Association carpathique tenu à Bucarest en septembre* 1927 *; zone cristallino-mésozoïque ; aperçu provisoire sur l'ensemble de la structure des Carpathes.* Note de M. **Pierre Termier**.

J'ai dit, dans une Note précédente (¹), que, dans le Congrès de Bucarest, les géologues s'étaient aisément mis d'accord sur la stratigraphie et la tectonique des deux premières zones carpathiques : *zone néogène*, *zone du Flysch*. Mais d'ardentes discussions se sont élevées sur la tectonique de la troisième zone, *zone intérieure* ou *cristallino-mésozoïque ;* là, le désaccord persiste et les problèmes sont loin d'être résolus. Du moins l'avantage du Congrès aura-t-il été de préciser ces problèmes.

La zone cristallino-mésozoïque occupe en Roumanie une étendue très vaste. Elle va de la frontière tchécoslovaque, au Nord, jusqu'au massif de la Leaota inclusivement, au Sud, incurvée en forme d'arc à grand rayon de courbure autour du pays transylvain ; elle comprend aussi, à l'ouest de la dépression de Braschov, les massifs des monts Perschani et Fogarasch et le prolongement de ces derniers au delà de l'Olt, c'est-à-dire toutes les Carpathes méridionales ; elle va ainsi, courbée en un autre arc immense, l'arc gétique, ouvert à l'Est, elle va, dis-je, jusqu'au delà du Danube, et le défilé fameux qui se termine aux Portes de fer est creusé dans cette zone.

Telle est l'extension de la zone cristallino-mésozoïque dans les Carpathes roumaines. Mais elle s'étend bien plus loin que les Carpathes des géographes ; et l'on ne peut géologiquement séparer d'elle, ni les massifs montagneux qui limitent à l'Ouest le bassin tertiaire de Transylvanie (monts Fraschcau, Apuseni, Métalliques, Bihar, Zarandului), ni les monts du Banat au sud du Muresch et jusqu'au delà du Timisch. La cuvette tertiaire transylvaine correspond à une région effondrée de cette immense zone cristallino-mésozoïque. A l'Ouest, la zone descend peu à peu sous les terrains tertiaires et quaternaires de la dépression pannonique ; et, comme cette dépression n'a guère moins de 200^{km} de largeur, on ne peut conserver aucun espoir qu'une observation *directe* nous renseigne jamais sur les rapports des Carpathes occidentales et de la zone intérieure des Carpathes roumaines.

La zone intérieure est poussée de l'Ouest à l'Est sur la zone du Flysch : le fait, observé depuis longtemps par nombre de géologues, n'est mis en

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 912-916.

doute par personne. Sa constatation, venant après l'extraordinaire réussite, dans les Alpes, de la théorie des grands charriages, a provoqué plusieurs essais d'explication des Carpathes roumaines par des nappes d'origine occidentale qui se relieraient plus ou moins directement aux nappes alpines. A ces essais sont attachés les noms de V. Uhlig, M. Murgoci, L. Mrazec, I. Popescu-Voitesti [1]. Il faut reconnaître que, dans les essais en question, on a un peu exagéré le nombre des nappes et l'amplitude du charriage. D'où une réaction très vive qui va, aujourd'hui, jusqu'à supprimer toute nappe, ou presque, et à tout expliquer par des transgressions et des plis, ou des plis-failles, plus ou moins déversés.

La vérité est certainement comprise entre ces deux conceptions extrêmes.

Les excursions du Congrès m'ont permis de voir en plusieurs points le contact de la zone cristallino-mésozoïque et de la zone du Flysch. Voici quelle a été mon impression personnelle, qui m'a paru être aussi celle de bon nombre de mes compagnons.

Dans la région de Braschov, le *caractère de nappe* manifesté par la zone cristallino-mésozoïque m'a paru évident. Les conglomérats des Bucegi (conglomérats, à galets souvent énormes et surtout jurassiques, au milieu desquels s'isolent des lentilles d'un calcaire à Caprotines semblable à notre Urgonien et d'âge aptien) ne sont pas, à mes yeux, une formation transgressive sur le Crétacé inférieur de la zone du Flysch; ils sont le terme le plus singulier du Crétacé de la zone cristallino-mésozoïque; ils sont la partie haute d'une nappe véritable, charriée de l'Ouest à l'Est sur le Flysch. Leur substratum autochtone, ou presque autochtone, est souvent formé par les couches dites de Sinaïa (Valanginien-Hauterivien). A Busteni, et sans doute en bien d'autres endroits, la base de la nappe est constituée par des lames discontinues de terrains cristallins; ailleurs, elle est faite de lambeaux de Jurassique et de Trias, lambeaux qui ont toutes dimensions et toute épaisseur. La puissance des conglomérats des Bucegi, extrêmement variable, peut dépasser 1000^m. Ils forment de nombreux témoins épars en avant du front de la nappe. La surface de charriage est souvent quasi horizontale. Près de la base de la nappe, les mylonites sont fréquentes.

Le *caractère de nappe* se retrouve plus au Nord, dans le massif des Hagimasch, dans les vallées du Bicaz, de la Bistritza, de la Bistritzioara; moins évident cependant parce que la surface de charriage cesse parfois d'être

---

(1) Voir surtout L. Mrazec et I. Popescu-Voitesti, *Contribution à la connaissance des nappes du flysch carpathique en Roumanie* (*Annuaire de l'Institut géol. de Roumanie*, 5, fasc. 2, 1911, p. 1-33).

horizontale et même, localement, se redresse beaucoup. Il est frappant aux environs de Tulghesch, en raison de deux faits indéniables : le premier de ces faits est l'allure le plus souvent horizontale du Cristallin; le deuxième est la superposition, dans ce Cristallin, du terme le plus métamorphique (micaschistes, gneiss et granite) à un étage, moins métamorphique, de phyllades, de chloritoschistes et de marbres.

Plus à l'Ouest, la nappe des Bucegi, accidentée de replis qui se couchent vers l'Est, forme les massifs des monts Perschani et Fogarasch. L'altitude de ces derniers s'élève jusqu'à plus de 2500^{m}; on peut penser cependant que cet énorme massif de terrains cristallins repose sur le Crétacé, car, sur le versant Nord, et non loin du bord de la plaine, on observe l'émergence de sources salées qui semblent monter d'une région mylonitique des gneiss. Si l'on admet la pénétration jusque-là de la zone du Flysch sous le Cristallin, l'avancée totale de la nappe, dans le profil Fogarasch-Braschov, ne serait pas inférieure à 80^{km}.

Dans les Carpathes méridionales à l'ouest de l'Olt, nous avons visité le bassin oligocène de Petroschani où l'on exploite de riches gisements de charbon. Le Cristallin, semé de lambeaux mésozoïques, qui supporte cet Oligocène, nous a montré de nombreux indices de charriage. Au sud de Lupény passe une large zone mylonitique, plongeante sous l'Oligocène, interprétée par L. Mrazec et M. Murgoci comme la base de la nappe cristalline, dont le substratum, ici, est une autre série cristalline, sûrement autochtone. L'Autochtone se prolonge, au Sud-Est, par le massif du Paring, et au Sud par l'énorme massif de gneiss, d'amphibolites et de granite où le Jiu a creusé son étroite vallée. Je ne crois pas que cet Autochtone du Jiu apparaisse en *fenêtre*, comme le pensait Murgoci; il est, pour moi, le bord même de la zone du Flysch, bord où le Crétacé manque.

Enfin, aux Portes de fer, on voit des terrains cristallins *flotter* sur les couches de Sinaïa. Le lambeau cristallin qui flotte ainsi sur le Crétacé inférieur se prolonge au Nord jusqu'aux environs de Baia de Arama. Je pense que l'on est ici, comme à Lupény, sur le bord de la zone du Flych et que le lambeau cristallin en question appartient à la nappe cristallino-mésozoïque, que nous aurions suivie, de la sorte, depuis les monts Hagimasch jusqu'au Danube. D'après M. V. Petkovitch, la nappe se poursuivrait au delà du Danube, en territoire serbe, et l'on verrait plusieurs témoins de terrains cristallins épars sur le plateau de calcaire jurassique.

De tout cela résulte pour moi la conclusion suivante, encore hypothétique et provisoire :

Il faut abandonner l'idée de comparer les Carpathes roumaines aux Alpes

et de suivre les nappes alpines jusqu'en Moldavie. Seules, les Carpathes occidentales, Tatra comprise, possèdent la structure alpine et prolongent les Alpes, comme Maurice Lugeon l'a dit il y a vingt-quatre ans.

Mais il est tout à fait vrai que la zone cristallino-mésozoïque des Carpathes roumaines s'est *largement* avancée sur la zone du Flysch, d'un mouvement d'ensemble dirigé de l'Ouest à l'Est. L'amplitude de ce mouvement est encore inconnue; elle peut très bien avoir atteint et même dépassé 100^{km}. La nappe en question a dû, dans sa partie haute, se replier sur elle-même en écailles multiples; mais, dans son ensemble, elle me paraît être *nappe du deuxième genre* et ne pas résulter d'un pli. Il ne faut donc pas parler de ses *racines*.

L'avancée s'est faite en plusieurs fois, par plusieurs paroxysmes tectoniques, dont le premier est antéaptien, le deuxième antésénonien, le troisième probablement priabonien, le quatrième postoligocène, le dernier contemporain du Pliocène supérieur. Ces mouvements ont déterminé les conditions stratigraphiques, d'abord, puis la tectonique, des deux zones extérieures; ils ont, en particulier, déterminé l'avancée en petites nappes, ou en *skibas*, de la zone du Flysch sur la zone néogène, et enfin, dans le Néogène, l'ascension des *diapirs*.

Cette longue histoire va sans doute se préciser rapidement, grâce aux efforts de nos collègues de Roumanie, de Pologne et de Tchécoslovaquie; et il y a tout lieu d'espérer que le Congrès de Prague, en 1930, promulguera la synthèse des Carpathes.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches sur la contamination naturelle du sol dans les cultures de* Phaseolus vulgaris. Note [1] de M. **P.-A. Dangeard**.

La publication de mon Mémoire récent sur les tubercules radicaux des Légumineuses a montré une fois de plus le grand intérêt que présente pour la microbiologie et l'agriculture la question de la contamination du sol par les Bactéries.

J'ai choisi comme sujet d'expérience cette année le *Rhizobium Phaseoli*, dans lequel j'avais reconnu une espèce nouvelle bien caractérisée [2] : mon

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) P.-A. Dangeard, *Recherches sur les tubercules radicaux des Légumineuses* (*Le Botaniste*, 16e série, 1926, p. 1-266, Pl. I-XXVIII).

but était de reconnaître si le microbe existait naturellement dans le sol et dans la négative de chercher s'il existait des moyens pratiques de contamination.

La première expérience a été réalisée sur un terrain d'une contenance de 4 ares dans une vieille sapinière abandonnée ne contenant plus que des bruyères, des ajoncs, et quelques pieds de Bourdaine : aucune culture n'avait été faite à cet endroit depuis au moins une soixantaine d'années; on ne pouvait donc souhaiter un terrain vierge plus favorable.

Une moitié du terrain ainsi défriché, sans précautions particulières, a été consacrée à un semis de Haricots nains, alors que la seconde moitié comprenait un semis de ces mêmes Haricots nains, avec intercalation de pommes de terre : en admettant que le sol fût dépourvu des germes du *Rhizobium*, on pouvait se demander si les tubercules de pommes de terre n'en apporteraient pas suffisamment avec elles, avec le peu de terre qui les accompagne toujours.

Le semis des graines et la plantation des tubercules ayant eu lieu en juin 1927, je suis allé vers le milieu de juillet reconnaître l'état de la culture et, à partir de ce moment, jusqu'au 4 octobre, j'ai procédé à des arrachages réguliers portant sur une ou deux douzaines de plantules à des intervalles d'une quinzaine de jours.

Le temps pluvieux a favorisé cette expérience en empêchant les plantules de se dessécher, mais à la date du 4 octobre, beaucoup de pieds n'avaient pas de gousses, les plus favorisés en avaient deux ou trois : la récolte a été insignifiante.

Ce qu'il faut retenir, c'est qu'au cours des différents arrachages, aucun pied n'a montré de tubercules radicaux; le 4 octobre, je me décide à procéder à l'arrachage de 130 plantules : le chevelu était sur la plupart des pieds assez normal avec de nombreuses et fines radicelles; après un examen très méticulenx, je n'arrive à trouver que deux pieds contaminés : l'un montrait un seul nodule, alors que le second en possédait deux, ils étaient voisins d'une touffe de pommes de terre.

On peut s'étonner qu'il n'y ait pas un apport plus grand de microbes provenant du voisinage des tubercules.

De cette culture on peut tirer cette conclusion :

Le *Rhizobium du Haricot est absent dans un sol vierge où la plante n'a pas été cultivée depuis longtemps.*

L'expérience suivante va nous en apprendre davantage.

Un terrain de tennis abandonné depuis une vingtaine d'années et resté inculte avec

genêts et plantes herbacées diverses gazonnantes a été défriché à la pelle sur un espace de 4 ares.

Dans une partie de cet espace, j'ai établi, à côté les unes des autres, trois planches renfermant chacune six lignes de semis, écartées les unes des autres de $0^{m},40$, ces planches étaient marquées A, B, C.

Je me suis occupé personnellement de toutes les opérations nécessitées par la plantation, afin d'être certain que toutes les précautions utiles seraient prises.

Ces trois planches ont reçu des graines de Haricots Soissons provenant de chez Vilmorin; ces graines ont été, comme à l'ordinaire, déposées au fond des sillons peu profonds.

Dans la planche A, ces graines ont alors reçu, distribuée à la volée dans le sillon, un peu de terre de jardin, naturellement contaminée par une culture précédente de Haricots.

Dans la planche B, on s'est contenté d'arroser avec un peu d'eau qui avait été agitée fortement avec cette même terre.

La planche C n'a reçu aucun apport étranger.

Les graines ont ensuite été simplement recouvertes par la terre provenant du sillon.

Pour donner plus de valeur à cette expérience, un second carré, situé dans le prolongement du premier et séparé également en trois planches A, B, C, a été contaminé de façon différente.

La planche A n'a rien reçu comme apport étranger.

La planche B a été arrosée avec l'eau de trempage de la terre du jardin.

La planche C a reçu au fond des sillons un peu de terre de jardin répandue à la volée.

Dans ce second carré, les haricots appartenaient à une variété naine désignée sous le nom de cent pour un.

Les résultats ont surpassé toute attente, tellement ils sont concluants.

La contamination a été rapide : 20 jours après le semis, les plantules avaient déjà sur leur système radiculaire des tubercules radicaux nombreux dans les planches contaminées, soit en A et B pour le premier carré, B et C pour le second carré.

Par contre, *il n'existait absolument aucun tubercule dans la planche* C *du premier carré et la planche* A *du second.*

A partir de ce moment, et jusqu'à la floraison, des arrachages réguliers de plantules ont eu lieu dans chacune des planches et les constatations ont été les mêmes : aucun tubercule dans les planches non contaminées; présence de nombreux tubercules radicaux sur toutes les plantules dans les planches ayant reçu un apport de microbe.

Il était impossible de faire une différence quelconque pour le nombre des tubercules par plantules, entre les planches contaminées par un semis de terre de jardin et celles qui avaient été simplement arrosées avec l'eau de trempage.

Les conclusions sont celles-ci :

1° *Le* Rhizobium *du Haricot n'existe pas dans un sol qui est resté inculte depuis plusieurs années ;*

2° *La contamination peut se faire aussi bien par l'apport d'un peu de terre provenant d'un endroit où le Haricot a été cultivé récemment, que par simple arrosage avec de l'eau de trempage de cette même terre.*

Si l'on veut se rendre compte de l'intérêt de cette dernière conclusion, il est nécessaire de rappeler les nombreux essais de contamination du sol au moyen de cultures artificielles du *Rhizobium*.

C'est Nobbe qui eut tout d'abord l'idée, en Allemagne, d'utiliser des cultures artificielles contenant sous un faible volume des milliards de germes : ce produit fut livré au commerce sous le nom de *nitragine ;* les essais entrepris avec la nitragine n'ont pas été concluants.

En 1904, Moore supposa que l'échec de la nitragine était dû au fait que les cultures de Nobbe étaient trop riches en composés azotés et il employa dans les siennes un liquide ne contenant que peu de nitrates ; le liquide renfermant les microbes servait à imprégner des morceaux de coton qui étaient ensuite desséchés : la vitalité du microbe s'y conservait un an ou deux.

De novembre 1902 à novembre 1904, le Département d'agriculture des États-Unis avait distribué 12500 échantillons de ce coton contaminé avec les instructions nécessaires pour son emploi.

Depuis on a continué à livrer aux agriculteurs des produits semblables sous le nom de *nitro-bactérine*.

On ne peut s'empêcher de penser que l'expérience si concluante dont nous venons de donner les résultats aurait eu comme conséquence heureuse de rendre inutiles de si grosses dépenses dans le passé ; il faut espérer qu'en ce qui concerne l'avenir, elle servira tout d'abord à mieux diriger les recherches de nos agriculteurs.

En résumé, des cultures de Haricots réalisées en terrain inculte ont permis de constater :

1° Qu'un sol en jachère depuis plusieurs années ne renferme pas le *Rhizobium* du Haricot, producteur de tubercules radicaux ;

2° Que la contamination du sol par ce *Rhizobium* est des plus faciles par apport de terre contenant les germes du microbe ou plus simplement encore par arrosage avec l'eau de trempage de cette même terre.

Ces observations montrent l'inutilité des cultures artificielles de *Rhizobium*, connues sous le nom de nitragine ou de nitro-bactérine : on aurait évité des essais coûteux et décevants, si l'on avait su combien la contamination est facile à réaliser naturellement.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers.* Note [1] de M. **Georges Claude.**

Il y a un an j'ai fait, au nom de M. Paul Boucherot et au mien, une Communication sur l'utilisation thermique des mers tropicales [2].

Je voudrais aujourd'hui, avec l'appui que me donnent tous nos essais de laboratoire, dire que rien jusqu'ici n'a infirmé nos espérances ou confirmé les multiples objections qui nous ont été faites.

L'une des principales et des moins fondées de ces dernières était que l'eau froide se réchaufferait inévitablement dans les conduites destinées à la ramener des grandes profondeurs. Si l'on considère cependant les grandes dimensions des tuyaux nécessaires, qui, pour les moindres installations envisagées, auront au moins 5^{m} de diamètre; le faible temps de séjour de l'eau dans ces tuyaux, soit moins d'une heure; l'énorme chaleur spécifique de cette eau; la nature des parois, qui, pour d'autres raisons, seront très probablement mauvaises conductrices de la chaleur, on trouve que dans les plus mauvaises conditions le réchauffement n'atteindra pas $0^{\circ},1$.

Mais ceci même n'indique pas encore à quel point l'objection est peu fondée; dans la réalité, l'eau devra parvenir à la surface plus froide qu'elle est partie du fond. En effet, puisée sous une pression de 100^{atm}, l'eau se décomprimera à mesure de sa montée, donc accomplira un travail extérieur qui la refroidira. Ce refroidissement, il est vrai, ne sera que d'environ $0^{\circ},25$, sauf variation éventuelle de l'énergie interne. Mais on voit que tel quel, il pourra l'emporter sur le réchauffement.

On a dit aussi que les tuyaux seraient démolis, non pas même par la tempête, mais par l'effort normal des marées ou des vagues. Or on sait quelle tranquillité conservent les couches sous-marines même par les plus violentes tempêtes. A 50^{m}, mettons 100^{m}, c'est le calme absolu, sauf peut-être l'effet des marées. Il n'y a donc qu'à protéger des actions mécaniques la partie des conduites comprises dans ces 100^{m}. Or, dans le cas des premières stations, qui seront nécessairement des stations côtières reliées aux profondeurs voisines par un tuyau s'enfonçant obliquement, il y a à cet égard un moyen radical. Il suffira de relier la station par un tunnel au point de profondeur 100^{m}, d'où partira la conduite.

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 929.

Quant à la technique même du procédé, on a objecté que l'écart inévitable entre la théorie et la pratique empêchera d'obtenir le moindre résultat des différences de températures très faibles dont on dispose. D'une part l'eau chaude donnera moins que les $0^{atm},03$ prévus, d'autre part l'eau froide donnera au condenseur bien plus que le $0^{atm},01$ escompté. Nos expériences montrent au contraire avec quelle remarquable fidélité, dans des conditions convenables, les résultats pratiques confirment les prévisions de la théorie. Des moyens appropriés permettront de réduire à très peu de chose les pertes de température et de pression, et en pratique, avec les températures de 26° à 28°, on dépassera largement 2 comme rapport de la pression initiale à la pression finale.

Venons-en maintenant à l'objection capitale, celle relative à l'extraction des gaz dissous.

En se basant sur les résultats obtenus dans les grandes stations à vapeur pour l'extraction des gaz dissous, on a cru pouvoir affirmer que, dans notre cas, il en coûterait 300 ou 400 pour 100 de l'énergie fournie par les turbines, et que par conséquent le procédé n'était pas viable.

On fait remarquer en effet que, dans les stations à vapeur, chaque kilowatt-heure est produit par la vapeur résultant de la vaporisation totale de 5^{kg} d'eau, et qu'il n'y a donc à expulser pour chaque kilowatt-heure produit que les gaz de 5^{kg} d'eau (la condensation étant supposée se faire par surface). Tandis que dans notre cas, les 50^{kg} de vapeur nécessaires pour produire le même kilowatt-heure utile mobiliseront (ce qui est vrai) les gaz de 12500^{kg} d'eau, soit 2500 fois plus. Or l'extraction des gaz dissous coûtant, dans les stations centrales, 0,1 à 0,2 pour 100 de la puissance des turbines, il en coûterait 250 à 500 pour 100 de la puissance des nôtres. On pourrait même pousser plus loin encore ce raisonnement.

Mais : 1° Ceux qui raisonnent ainsi reconnaissent que, si les pompes d'extraction mobilisent 0,1 ou 0,2 pour 100 de la puissance des stations centrales, c'est que les rentrées d'air par manque d'étanchéité sont ou peuvent être aisément énormes par rapport aux quantités infimes de gaz dissous, et que les pompes doivent donc être prévues beaucoup trop fortes.

Mais si les rentrées d'air peuvent être énormes devant des gaz dissous infimes, dans notre cas au contraire ces rentrées, fussent-elles 100 fois plus grandes, resteront négligeables devant 2500 fois plus de gaz dissous. En outre, les pompes nécessaires pour extraire ces masses importantes de gaz pourront être des compresseurs rotatifs, capables d'un excellent rendement, 50 pour 100 et plus, comme notre Confrère M. Rateau a bien voulu nous le

confirmer. Rien que cette considération, superposée au peu d'importance relative des rentrées d'air, réduit déjà de 500 pour 100 à 30 pour 100 la fraction de l'énergie à demander aux turbines.

2° C'est une erreur de supposer, comme on l'a fait jusqu'ici, qu'on aura à extraire du condenseur la totalité des gaz dissous.

Nous avons tout d'abord eu l'idée de profiter, en le favorisant par des moyens appropriés, du fait qu'une partie des gaz dissous se dégagera dans les colonnes barométriques qui, de préférence, conduisent l'eau chaude et l'eau froide aux chambres d'ébullition et de condensation. On recueillera ces gaz vers le haut de ces colonnes et on les refoulera de suite au dehors. Supposons que ces gaz soient recueillis au niveau 9^{m} au-dessus du niveau de la mer, soit sous la pression $0^{atm},1$. Ce refoulement de $0^{atm},1$ à 1^{atm} n'exigera qu'un travail proportionnel à $\log \frac{1}{0,1}$ ou 1, tandis que le refoulement depuis la chambre de condensation, c'est-à-dire depuis la pression 0,01, sera proportionnel à $\log \frac{1}{0,01}$ ou 2, et même 3 si l'on tient compte des 5 ou 6 volumes de vapeur qui diluent forcément chaque volume de gaz du condenseur, alors que des gaz sous $0^{atm},1$ en sont presque exempts. Ainsi, le refoulement des gaz depuis les colonnes barométriques coûtera 3 fois moins que depuis le condenseur.

Mais il n'y a qu'une partie des gaz dissous qui se dégagent dans les colonnes barométriques et qu'on peut retirer dans des conditions si fructueuses. Heureusement, nous avons remarqué que, surtout après ce dégazage partiel, l'eau n'abandonne le reste de ses gaz, même dans le vide bien plus parfait des chambres d'ébullition et de condensation, qu'avec difficulté. En nous évertuant à favoriser cette heureuse tendance par des moyens appropriés, nous avons réussi, sans nuire à l'efficacité de la condensation ni de l'ébullition, à réduire *au dixième* la fraction des gaz dissous à retirer effectivement du condenseur. En résumé, l'ensemble du travail d'extraction des gaz dissous tombera au quart de ce que coûterait l'extraction de la totalité des gaz depuis la chambre de condensation, de sorte que cette extraction ne coûtera en définitive que 7 à 8 pour 100 de l'énergie fournie par les turbines.

En ajoutant cette dépense au travail de pompage des eaux qui, de son côté, sera certainement moindre de 20 pour 100, on peut conclure que, sauf surprise du fait de la substitution de l'eau de mer à l'eau ordinaire seule employée dans ces essais, les $\frac{3}{4}$ de l'énergie fournie par les turbines resteront disponibles.

Nous avions dit $\frac{3}{5}$.

Ainsi, nos essais n'ont fait que renforcer des espérances, déjà basées d'ailleurs sur tous les arguments ci-dessus, bien que, parmi d'autres raisons, le manque de certitude ne nous ait pas permis alors de les mieux préciser.

Nous comptons expérimenter prochainement sur la Meuse, dans les conditions thermodynamiques mêmes de la pratique, une turbine de 50 kilowatts spécialement construite à cet effet. Si les résultats de ces essais sont conformes à notre espoir, nous serons prêts à aborder les difficultés du travail à la mer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un procédé de durcissement superficiel de l'acier.* Note de M. G. Charpy.

Le durcissement superficiel de l'acier, généralement produit par les opérations successives de cémentation et de trempe, a pu être réalisé récemment par la nitruration, en produisant à la surface du métal un composé naturellement dur, l'azoture de fer. On obtient un résultat analogue en provoquant la formation d'un carbure métallique, par action de produits carburants dans des conditions convenablement déterminées. Avec les aciers ordinaires, formés de fer et de carbone, le carbure utilisé est la cémentite, Fe^3C, qui présente, comme on sait, une dureté minéralogique considrable, et à la présence de laquelle la fonte blanche doit les qualités mécaniques spéciales qui la rendent inattaquable à l'outil. Avec les aciers contenant des éléments autres que le fer, on forme à la surface du métal des carbures doubles, ou du moins des carbures mixtes, ayant des propriétés analogues à celles de la cémentite.

J'ai indiqué antérieurement que de la limaille de fer pur, soumise à l'action de corps carbonés tels que l'oxyde de carbone, le cyanogène, les cyanures, etc., à des températures comprises entre 550° et 650° environ, se transforme intégralement en cémentite. Sur des pièces massives, la même réaction donne lieu à la formation d'une couche superficielle de carbure dont l'épaisseur augmente lentement. Je désignerai cette opération sous le nom de *carburisation* pour bien la distinguer de la cémentation, dans laquelle le carbone se dissout dans le fer en proportion graduellement croissante avec le temps.

La carburisation se produit dans les mêmes conditions avec les aciers spéciaux. Certains éléments, tels que le nickel ne paraissent pas intervenir

dans la réaction, mais ne gênent pas la formation du carbure de fer et le durcissement qui en résulte. D'autres éléments, notamment le chrome et le manganèse, se carburent eux-mêmes et il se forme, comme on l'a déjà dit plus haut, des carbures mixtes. Il faut seulement, dans chaque cas, déterminer les conditions les plus favorables, tant au point de vue de la température qu'au point de vue du réactif carburant employé.

La formation des carbures qui peut être constatée à des températures peu supérieures à 500° se produit alors avec une vitesse très faible; cette vitesse augmente rapidement quand la température s'élève, mais ce n'est qu'au-dessus de 600° qu'on arrive à des valeurs pratiquement utilisables, correspondant à la transformation de plusieurs centièmes de millimètre d'épaisseur en une heure.

D'autre part, les carbures se décomposent au-dessus de températures qui varient avec leur composition, mais qui sont toujours voisines de 700° et paraissent d'ailleurs en relation avec les points critiques des aciers de même composition. Nous reviendrons ultérieurement sur ce point, notant seulement aujourd'hui que la carburisation doit être faite, pour éviter toute décomposition du carbure, à une température qui ne dépasse jamais sensiblement 650°. On peut noter que cette température est celle du revenu qui pour la plupart des aciers usuels donne le maximum de résilience; cependant, pour les aciers extra-doux, on peut observer, dans certains cas, un commencement de cristallisation par recuit. La carburisation s'appliquera donc, de préférence, à des aciers demi-durs, ce qui peut être considéré comme un avantage.

En ce qui concerne la nature du corps carburant, on a une grande latitude. Avec les aciers ordinaires, comme avec le fer pur, la plupart des céments usuels conviennent, les gaz contenant des proportions élevées d'oxyde de carbone, de carbures d'hydrogène, de cyanogène, etc. Avec les aciers spéciaux, notamment ceux contenant du chrome ou du manganèse, il faut tenir compte de ce que les céments oxygénés peuvent transformer ces corps en oxydes tout en carburant le fer. Il est donc préférable d'employer soit des carbures d'hydrogène, soit des bains salins à base de cyanures ou de ferrocyanures, et même, simplement, du cyanure de potassium fondu qui ne s'altère que très lentement à la température de 650°.

ASTRONOMIE. — *Observation du passage de Mercure à l'Observatoire d'Alger.* Note de M. **Gonnessiat**.

A l'Équatorial coudé, M. Lagrula a substitué au micromètre une chambre noire pourvue d'un obturateur à grande vitesse, et couvert l'objectif d'un écran à faces parallèles en verre rouge orangé, d'une ouverture de 18^{cm}.

Il a obtenu, dans d'assez bonnes conditions atmosphériques, 20 clichés, dont les mesures et la discussion qui s'ensuivra conduiront certainement à des résultats très précis.

A l'Équatorial photographique, M. Gonnessiat a observé les contacts avec la lunette visuelle : ouverture 18^{cm}, grossissement 250. L'image du Soleil était très ondulante.

Voici les heures notées, et leurs écarts avec les valenrs calculées :

			[O — C].
Contact intérieur................	$8^h 28^m 7^s$	T. U.	20^s
Contact extérieur................	$8^h 29^m 41^s$		$\cdot 26^s$

Un léger ligament noir est apparu 6 secondes avant le contact intérieur. On n'a pas aperçu la planète après sa sortie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfates de sesquioxydes acétylés.* Note [1] de M. **A. Recoura**.

Dans des Notes antérieures [2] j'ai fait connaître quelques résultats de l'étude que j'ai entreprise de l'action de l'anhydride acétique sur les sels métalliques hydratés solides. J'ai fait voir que, quand on abandonne dans un flacon fermé un sel métallique hydraté, finement pulvérisé, en contact avec un grand excès d'anhydride, le premier effet de l'anhydride est d'arracher au sel solide les molécules d'eau les moins solidement attachées. La déshydratation du sel peut être complète; dans ce cas le phénomène ne va pas plus loin. Mais le plus souvent certaines molécules d'eau du sel, plus solidement combinées que les autres, résistent à l'action déshydratante de l'anhydride et restent attachées au sel. Mais alors ces molécules d'eau, par

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 2217, et **183**, 1926, p. 719.

leurs valences résiduelles, fixent des molécules d'anhydride et l'on obtient un composé triple, formé de sel anhydre, d'eau et d'anhydride acétique. Ce sont des composés de ce genre dans lesquels des molécules d'anhydride prennent la place de molécules d'eau disparues, que j'appelle des *sels acétylés*. Je vais faire connaître les résultats que j'ai obtenus avec quelques sulfates de sesquioxydes.

Sulfate ferrique acétylé. — L'action de l'anhydride acétique sur le sulfate ferrique présente un intérêt particulier, en ce sens qu'elle vient confirmer les faits que j'ai établis autrefois au sujet de la constitution du sulfate ferrique. J'ai établi ([1]) l'existence de plusieurs variétés de sulfate ferrique ayant des propriétés très différentes. Les deux plus fréquentes sont deux variétés isomères $Fe^2O^3, 3SO^3, 9H^2O$, le sulfate jaune et le sulfate blanc, qui sont susceptibles de se transformer l'une dans l'autre.

Le sulfate jaune se comporte comme une combinaison assez peu stable de sulfate basique et d'acide sulfurique. Ce sulfate basique qui a pour composition brute $Fe^2O^3, 2,57SO^3, 2,57H^2O$, c'est-à-dire vraisemblablement $Fe^2O^3, 2,57SO^4H^2$, ou $(Fe^2O^3, 3SO^4H^2)^6Fe^2O^3$ joue, comme je l'ai fait voir, un rôle fondamental dans toute l'histoire du sulfate ferrique. Le sulfate jaune aurait pour constitution $(Fe^2O^3, 2,57SO^4H^2)0,43SO^3 + Aq$ ou $[(Fe^2O^3, 3SO^4H^2)^6Fe^2O^3]3SO^3 + 45H^2O$, c'est-à-dire

$$(Fe^2O^3, 3SO^3, 9H_2O)^7.$$

Il se transforme dans les conditions que j'ai indiquées en sulfate blanc.

Le sulfate blanc est beaucoup plus stable. On peut le considérer comme la forme normale du sulfate ferrique hydraté. Il diffère en outre du sulfate jaune en ce que, tandis que celui-ci est immédiatement soluble dans l'eau, il ne s'y dissout qu'avec lenteur, en se dédoublant, d'ailleurs.

J'ai fait agir l'anhydride acétique sur le sulfate blanc solide

$$Fe^2O^3.3SO^3.9H^2O$$

dans les conditions habituelles. Quelle que fût la durée du contact, depuis trois semaines jusqu'à un an, j'ai toujours obtenu le même résultat, c'est-à-dire un composé jaune mastic qui, conservé dans une atmosphère d'anhydride acétique, a la composition brute :

$$Fe^2O^3.3SO^3.2,57H^2O + 0,43(C^2H^3O)^2O$$

ou

$$(Fe^2O^3.2,57SO^4H^2)0,43SO^3 + 0,43(C^2H^3O)^2O,$$

([1]) *Ann. de Ch. et de Phys.*, 8e série, 9, 1907, p. 263.

c'est-à-dire

$$[(Fe^2O^3.3SO^4H^2)^6Fe^2O^3]3SO^3 + 3(C^2H^3O)^2O,$$

c'est-à-dire, qu'au contact de l'anhydride, le sulfate blanc s'est transformé dans son isomère le sulfate jaune, qui, perdant la totalité de son eau d'hydratation, a fixé trois molécules d'anhydride. Et ce qui confirme qu'il en est bien ainsi, c'est que le composé acétylé est, comme le sulfate jaune, immédiatement soluble dans l'eau, tandis que le sulfate blanc, dont j'étais parti, était très lentement soluble.

Contrairement à ce qui a lieu pour les autres sels acétylés que j'ai déjà étudiés, sorti de l'atmosphère d'anhydride, il perd rapidement, même dans une atmosphère sèche, ses trois molécules d'anhydride, ce qui s'explique par le fait que celles-ci ne sont pas retenues, comme dans les autres sels, par le voisinage de molécules d'eau. Replacé dans une atmosphère d'anhydride, il fixe à nouveau trois molécules d'anhydride.

Alun ferrique ammoniacal acétylé. — L'alun ferrique en poudre fine, mis en contact avec l'anhydride acétique, dégage une grande quantité de chaleur. Pour éviter l'élévation de température qui, en amenant une déshydratation trop grande, empêcherait l'union de l'anhydride et de l'alun, on maintient la température à 0° au moyen de glace pendant les premières heures. On laisse en contact une vingtaine de jours. Le produit est essoré rapidement, étendu sur une plaque poreuse et conservé dans une atmosphère d'anhydride.

On obtient ainsi un produit jaune paille très clair, presque blanc, qui n'est généralement pas pur; il renferme toujours un petit excès de Fe^2O^3; déduction faite des impuretés, la composition du produit est

$$Fe^2O^3.3SO^3.(AzH^4)^2SO^4.H^2O.3(C^2H^3O)^2O.$$

Exposé à l'air libre, il perd la totalité de l'anhydride. Conservé dans une atmosphère sèche, il perd très rapidement deux molécules d'anhydride, la troisième, très lentement.

L'alun préalablement déshydraté à $4H^2O$, ne fixe pas d'anhydride.

L'alun ne se comporte donc pas du tout comme le sulfate vis-à-vis de l'anhydride. C'est en effet un sel d'une constitution tout à fait différente.

Alun aluminique ammoniacal acétylé. — L'alun d'ammoniaque se comporte très sensiblement comme l'alun ferrique. L'alun en poudre fine est mis en contact avec un excès d'anhydride dans un flacon fermé. Pour éviter une trop grande élévation de température, le flacon est entouré d'eau froide et conservé un mois environ. Le produit essoré rapidement est étendu sur

une plaque de porcelaine poreuse et conservé dans une atmosphère d'anhydride. On l'analyse de temps en temps jusqu'à ce qu'il ait acquis une composition constante qui est $Al^2 3SO^4$, $(AzH^4)^2SO^4$, $2H^2O$, $3(C^2H^3O)^2O$. A noter qu'à la longue le sulfate d'ammonium est attaqué par la vapeur d'anhydride.

Le produit exposé à l'air libre perd la totalité de l'anhydride. Conservé dans l'air sec, il perd rapidement deux molécules, la troisième avec une extrême lenteur. Le produit qui a perdu de l'anhydride, replacé dans une atmosphère d'anhydride, se recombine avec lui, mais très lentement.

Sulfate d'aluminium acétylé. — Le sulfate d'aluminium $Al^2 3SO^4$, $15H^2O$, en poudre fine est mis en contact avec un excès d'anhydride dans un flacon fermé pendant une dizaine de jours. (Au delà de ce temps le sulfate d'aluminium est attaqué par l'anhydride.) Le produit essoré rapidement est étendu sur une plaque de porcelaine poreuse et conservé dans une atmosphère d'anhydride. Il a pour composition $2(Al^2 3SO^4)$, $6H^2O$, $3(C^2H^3O)^2O$.

Exposé à l'air libre il perd la totalité de l'anhydride. Conservé dans l'air sec, il perd très rapidement une molécule d'anhydride. La seconde se détache très lentement. Au bout de trois ans il conserve encore une molécule.

HYDROGÉOLOGIE. — *Les eaux souterraines, cause principale de l'inclinaison du campanile de Pise : Comment assurer sa stabilité ?* Note (¹) de M. **Ed. Imbeaux.**

Le campanile de Pise, commencé en 1174 et terminé en 1350, paraît avoir penché vers le Sud dès sa construction. L'inclinaison a augmenté progressivement : ainsi depuis 1817 le surplomb de la septième corniche a augmenté en moyenne de 2^{mm} par an (une partie de l'affaissement aurait résulté des épuisements faits en 1838 et 1839 pour étudier les fondations à leur base), dont spécialement $8^{mm},3$ de 1914 à 1927, soit de 1^{mm} par an pour cette dernière période. Le mouvement continuant toujours, quoique lentement, on peut craindre l'écroulement à un moment donné, et c'est pourquoi la Municipalité de Pise a nommé une Commission de savants pour étudier les causes du mal et les moyens de l'arrêter en assurant la stabilité de la tour dans l'avenir.

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

Le premier rapport de cette Commission est du 20 juillet 1927 : j'en tire les renseignements ci-après et, des causes probables, je crois pouvoir conclure à un remède très sérieux, et en tout cas ne compromettant en rien la situation actuelle.

La tour est une colonne à huit étages, d'une hauteur totale de $57^m,035$ entre le dessous du pied externe du massif de fondation côté nord (— 0,330) et le dessus de la dernière plate-forme (56,705) du même côté : par suite du dévers, le point correspondant côté sud est à 55,803 seulement, tandis que le pied externe du massif de fondation de ce côté est à la cote (— 1,78), soit $1^m,43$ plus bas qu'au nord.

Le vide intérieur a un diamètre de $7^m,65$ environ; l'épaisseur de la maçonnerie pleine entre la première et la sixième corniche est d'environ $2^m,47$, tandis qu'entre la première corniche et le dessus du massif de fondation, elle est de $4^m,12$. Enfin, ce massif, qui va en s'élargissant intérieurement et extérieurement, a $7^m,365$ d'épaisseur de couronne, avec un vide intérieur de $4^m,65$ de diamètre (le cercle extérieur ayant $19^m,25$); la hauteur de ce socle est de $2^m,70$ à $2^m,80$, dont les derniers $0^m,40$ à la base sont en maçonnerie de pierres sèches.

Le sol de fondation est constitué, d'après Canavari par :

1° Des couches remaniées ou en place, sableuses et argilo-sableuses, allant jusqu'à $4^m,50$ ou $5^m,50$ de profondeur et contenant la nappe aquifère (phréatique) dans laquelle plonge le socle.

2° Une couche d'argile gris jaunâtre de 1^m à $2^m,50$ d'épaisseur.

3° Des couches argilo-sableuses et sableuses à éléments fins, jaunâtres ou verdâtres, parfois tourbeuses, jusqu'à la profondeur de $10^m,50$ à 11^m, contenant une nappe artésienne.

4° Enfin l'argile bleue compacte, avec coquilles d'origine marine ou saumâtre (*Cardium edule* notamment), dans laquelle il aurait fallu établir les fondations pour avoir un terrain un peu consistant et non délayé par les eaux souterraines. Celles-ci ont un courant lent vers la mer et entraînent sans doute des matériaux fins qui laissent du vide; de plus, il y a des sources qui se font jour au pied du monument et dont la vitesse ascensionnelle a été évaluée à 7^{cm} par seconde; enfin on a procédé tant à la première construction qu'en 1838-1839 à des épuisements (plus intenses du côté sud).

La pression dans les maçonneries de la tour est élevée : Cuppari donne les maxima de $15^{kg},3$ par centimètre carré au plan de pose des plinthes du premier rang [1], et $10^{kg},12$ sur le sol des fondations. En présence d'un sol peu

[1] Des expériences faites sur des cubes de marbre des colonnes ont montré qu'ils résistaient à la compression de 924 à 1254^{kg} au centimètre carré.

consistant et imbibé d'eau en mouvement, il n'est pas étonnant que la tour se soit enfoncée, et inégalement : alors que le sol ancien à l'emplacement du campanile était à la cote 3,279 et que la place actuelle est à 2,75, on a autour du socle une dépression en cuvette pavée de 24^{m},30 de diamètre ayant l'extrémité nord de son diamètre à la cote 2,72 et l'extrémité sud à la cote 0.

L'inclinaison actuelle du monument, mesurée sur la ligne nord-sud entre la projection horizontale du centre de la première corniche et celle de la septième est de 3^{m},248, soit pour une hauteur de 35^{m},10 un angle de 5°17′12″ avec la verticale : pour la hauteur totale de 57^{m}, le surplomb serait de 5^{m},27.

D'après cela, la principale cause [1] de l'inclinaison progressive de la tour de Pise paraissant être dans la présence de l'eau en mouvement, laquelle produit des vides et ramollit le sol sous les fondations, il faudrait pouvoir :

1° Faire cesser tout écoulement des eaux souterraines;

2° Consolider le terrain par exemple en injectant du ciment dans les vides de la maçonnerie sèche et dans les pores du sol (à la place de tout ou partie de l'eau). Ceci exclut toute solution qui recourrait à des épuisements ou à un abaissement du niveau des nappes aquifères; d'autre part des injections de ciment faites de prime abord risquent de voir le ciment en partie entraîné par l'eau, et de se buter contre des couches argileuses non absorbantes.

Le procédé qui me paraît le plus capable d'obtenir *sans risque aucun* le résultat cherché est celui de la *congélation* du sol, déjà employé maintes fois avec succès pour foncer des grands puits de mines au travers des nappes aquifères.

Supposons que suivant une circonférence extérieure au socle de fondation, par conséquent de 20^{m} environ de diamètre, nous enfoncions des tubes à saumure descendant jusque dans l'argile bleue et assez rapprochés pour congeler le terrain; puis enfonçons d'autres tubes semblables suivant une autre couronne extérieure à 3^{m} de la première, soit de 26^{m} de diamètre. Nous aurons ainsi un bloc congelé circulaire dans lequel il sera facile d'établir, *sans épuisements* entre les deux couronnes de tubes à froid, un mur en

---

(1) On a pensé aussi à incriminer les tremblements de terre dont un très fort le 14 août 1846; mais Cicconetti en 1920 n'a trouvé aucun effet du tremblement de terre qui eut lieu alors. Cela n'expliquerait pas d'ailleurs la continuité du mouvement.

béton (de 2^m d'épaisseur) descendu jusque dans l'argile bleue à *Cardium* et bien relié à elle. Ce mur enfermera les fondations du campanile dans une enceinte étanche où l'eau ne pourra plus ni pénétrer (elle passera latéralement), ni circuler, et l'on pourra alors dans cette enceinte faire toutes injections utiles de ciment sous pression, notamment en faire pénétrer dans l'assise de $0^m,40$ de pierres sèches de la base du socle. J'ajoute que pour ne produire aucun vide dans le terrain, on laisserait en place la congélation terminée, les tubes de la couronne intérieure que l'on remplirait de béton; on pourrait retirer ceux de la couronne extérieure.

Ce procédé me paraît ici plus sûr que l'emploi de l'air comprimé (on pourrait songer à foncer ainsi un grand caisson cylindrique permettant d'établir le mur circulaire en question ou une succession de caissons partiels), parce que ce dernier en refoulant l'eau pourrait entraîner certains mouvements: au contraire la congélation ne changera rien dans le sol et le consolidera plutôt. On assurera donc ainsi le maintien de la situation actuelle et l'arrêt du mouvement, sans qu'on ait à faire la très grosse opération que serait la reprise totale de la tour en sous-œuvre sur au moins 11^m de profondeur, opération qui ne pourrait se faire que par petites parties successives, par exemple par secteurs de 2^m de largeur diamétralement opposés (pour ne pas rompre l'équilibre des conditions d'un côté à l'autre). Si, ultérieurement et malgré tout, il fallait en venir à cette opération, elle se trouverait grandement facilitée à mon avis par la création du grand mur périphérique étanche que je propose en somme aujourd'hui de foncer par congélation, comme un puits de mine de 21^m de diamètre intérieur, sur 11 à 12^m de profondeur.

Les ingénieurs ou entrepreneurs que tenterait le problème peuvent envoyer leurs propositions à la Municipalité de Pise.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La destinée des noyaux mâles dans la fécondation croisée des œufs immatures de Triton.* Note [1] de M. **E. Bataillon.**

Les observations qui suivent ont été faites au cours d'une étude des croisements entre Urodèles.

La fécondation au sperme légèrement bromuré donne jusqu'à 80 pour 100 de clivages normaux et d'embryogenèses régulières, dans les combinaisons

(1) Séance du 7 novembre 1927.

Molge palmata ♀ × *M. alpestris* ♂, *M. palmata* ♀ × *M. marmorata* ♂. *Au bout de 23 heures*, on aperçoit, sur certains œufs restés inertes en apparence, des taches qui marquent la trace des spermatozoïdes engagés. L'aire polaire est restée claire.

Deux œufs du second croisement nous révèlent une belle uniformité de structure. Nous comptons sur l'un 5, sur l'autre 6 noyaux spermatiques. Le deuxième fuseau de maturation est bien constitué, avec une douzaine d'anses chromosomiques grenues et *déjà clivées*. Tous les noyaux mâles *sauf un* sont à l'état de *mitoses monocentriques* d'une rare perfection. Leurs chromosomes repliés ont leurs limbes rectilignes, homogènes et vigoureusement tracés, rejetés en dehors sur les rayons de l'aster. La même allure va devenir distinctive sur le dernier système. Ici, c'est un fuseau mitosique normal à la surface, sans radiations et simulant, à s'y méprendre, une *figure polaire*. Sur toutes ces mitoses mâles (monasters et mitoses bipolaires anastrales) *les chromosomes ne montrent pas trace de clivage;* toutes sont d'ailleurs périphériques.

Dans la première combinaison (*M. palmata* ♀ × *M. alpestris* ♂) nous relevons deux dispositifs plus simples. Sur un de ces œufs (de 23 heures) l'unique noyau mâle a fourni une mitose sans radiations, analogue à la figure polaire (ses chromosomes mal orientés ne sont point clivés). Un autre œuf est également monospermique; mais le noyau mâle, engagé à une certaine profondeur n'est point en mitose : gonflé à la base, il a encore sa pointe compacte; il n'y a pas le moindre indice d'activité cytoplasmique à son niveau. Or la deuxième mitose maturatrice n'est qu'en prophase : ses chromosomes sont épars et non clivés.

Il semble bien que, sur ces œufs d'Urodèles, la période d'immaturité *physiologique*, compatible avec la résolution nucléaire décrite ci-dessus, soit très limitée. A la deuxième prophase de maturation, ce serait encore l'inertie des noyaux mâles, constatée à l'origine sur l'œuf d'Oursin par les Hertwig en 1887.

Plus tard dans la saison, j'ai repris le même croisement *M. palmata* ♀ × *M. alpestris* ♂ en triant des œufs de la partie supérieure des conduits. Un œuf de 18 heures (resté en panne) présente une véritable constellation de *mitoses monocentriques* dont les chromosomes ont l'allure habituelle, ou bien sont fragmentés irrégulièrement; ils aboutissent sur certaines figures à des vésicules qui se fusionnent, s'éclaircissent et s'effacent. Ce sont certainement ces stades de régression qui ont donné à Braus (1895) l'illusion d'une division directe. Mais au milieu de ces monasters de tout âge, il y a

des noyaux gonflés munis de leur membrane et même des têtes spermatiques homogènes. L'invasion des spermies s'est certainement prolongée.

Inévitablement, nous nous reportons aux beaux résultats obtenus par Brachet ([1]) sur les œufs immatures d'Oursin. Nos têtes spermatiques ont bien pris « la constitution morphologique de la chromatine de l'œuf dans lequel elles sont logées ». Même bien préparée, la deuxième mitose polaire de nos œufs immatures ne s'achève pas plus dans l'eau douce que celle des œufs d'Oursin dans l'eau de mer. Enfin, si les poussées spermatiques successives de Brachet sont plus difficiles à saisir, l'invasion prolongée que nous signalons prouve encore que notre matériel est réfractaire à l'activation.

Le cas des Urodèles a ses particularités :

1° La plus impressionnante est l'apparition de ces *mitoses bipolaires anastrales, vrais simulacres de cinèses maturatrices*. C'est là que la condition du noyau mâle s'harmonise parfaitement avec celle du noyau femelle.

2° Non moins remarquables sont nos *mitoses mâles monocentriques*, aussi schématiques au début de leur régression qu'à l'origine.

3° *Si limitée qu'elle soit, l'évolution de nos systèmes mâles a ses étapes*, qui émergeront encore à l'étude d'un stade plus jeune.

4° Enfin, *ces deux types anormaux de Stéréomitoses* fournis par le noyau mâle dans une condition plasmatique qui fait obstacle à l'épanouissement et à la division du spermaster, ces deux types *sont les mêmes que nous relèverons pour l'œuf activé d'Urodèle sur le pronucleus femelle* dépourvu de centre.

Mais nos mitoses mâles d'œufs immatures sont *figées* par une condition de milieu spéciale, et *leurs chromosomes ne se scindent jamais;* tandis que les mitoses d'activation du pronucleus femelle (au moins dans le cas du monaster) peuvent se répéter un certain temps, doublant à chaque cycle leur assortiment chromosomique.

Remarque. — Bien que tous les cas étudiés soient tirés de deux croisements, ma conviction est qu'ils se retrouveront dans la fécondation pure. Les incompatibilités idioplasmiques paraissent très limitées chez les Urodèles. Non seulement le pourcentage des larves hybrides atteint couramment celui des produits de fécondation pure, mais beaucoup de ces hybrides semblent pouvoir être conduits à l'âge adulte.

([1]) A. Brachet, *Recherches sur la fécondation prématurée de l'œuf d'Oursin* (*Arch. de Biol.*, **32**, 1922, p. 205-248).

Il s'agit de *vrais bâtards*, issus d'une amphimixie constatée, et qui présentent des caractères paternels éclatants.

Aux deux hybrides connus (celui de Blasius, et celui de Poll : *M. tæniata* ♀ × *M. cristata* ♂) je puis ajouter les suivants qui entrent actuellement dans leur huitième mois : *M. palmata* ♀ × *M. marmorata* ♂; *M. palmata* ♀ × *M. alpestris* ♂; *M. palmata* ♀ × *M. cristata* ♂; *M. alpestris* ♀ × *M. marmorata* ♂.

En offrant à l'Académie(1) la troisième édition, qui vient de paraître, de son livre intitulé : *Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques*, M. **d'Ocagne** dit que, tant par le profond remaniement des parties conservées de la précédente édition que par les nombreuses additions introduites dans la nouvelle, celle-ci constitue, à proprement parler, un Ouvrage nouveau donnant une vue d'ensemble, exactement mise au point, de tous les procédés, d'une extrême variété, qui ont été tirés de la géométrie et de la mécanique, en vue de suppléer au calcul numérique pour les besoins des diverses branches de la science ou de la technique.

Dans cette nouvelle édition, l'Ouvrage est divisé en cinq Chapitres correspondant aux cinq classes définies dans la Communication faite par l'auteur à l'Académie le 18 janvier 1926, en lesquelles il est parvenu à ranger tous les procédés en question : *calcul mécanique* (instruments et machines arithmétiques); *calcul graphique* (algèbre, statique et intégration graphiques); *calcul graphomécanique* (intégromètres et intégraphes); *calcul nomographique* (abaques et nomogrammes); *calcul nomomécanique* (instruments et machines logarithmiques).

L'objet de l'Ouvrage peut être ainsi résumé : dire en quoi consistent tous ces procédés; exposer succinctement les principes généraux sur lesquels ils reposent; faire connaître le genre d'utilisation auquel peut plus particulièrement se prêter chacun d'eux; fournir enfin, en vue d'une étude plus approfondie de tel ou tel d'entre eux, des indications bibliographiques aussi complètes et précises que possible.

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

M. **Camille Sauvageau** fait hommage à l'Académie de mémoires *Sur le* Colpomenia sinuosa *Derb. et Sol.; Sur l'alternance des générations chez la* Nereia filiformis *Zan.; Sur le* Castagnea Zosteræ *Thur.*

M. **J. A. L. Waddell** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Quantities of Materials and Costs per Square Foot of Floor for Highway and Electric-Railway Long-Span Suspension Bridges.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voix du scrutin, à l'élection d'un membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *G. André* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Albert Calmette	obtient	....	46 suffrages
M. Émile Schribaux	»	....	2 »
M. Émile Demoussy	»	....	1 »

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Albert Calmette**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

NOMINATIONS.

M. **Paul Marchal** est désigné par l'unanimité des 46 suffrages exprimés pour faire partie du *Conseil d'administration de l'Institut national agronomique* pendant une nouvelle période de trois ans.

M. **Gustave Ferrié** est désigné pour représenter l'Académie, le 25 novembre 1927, à la cérémonie commémorant à New-York le *deuxième centenaire de la mort de Newton.*

PLIS CACHETÉS.

M. **Henri Lalande** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 octobre 1927 et enregistré sous le n° 9890.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire sur le *Mécanisme de la karyokinèse*.

(Renvoi à l'examen de M. F. Mesnil.)

CORRESPONDANCE.

M. **Louis Roche** fait hommage à l'Académie pour la Bibliothèque de l'Institut des papiers de l'astronome *G. de Pontécoulant*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'Université de Louvain à travers cinq siècles*. Études historiques publiées avec une introduction, par Léon van der Essen.

2° *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques et leurs applications*, par Paul Montel, recueillies et rédigées par J. Barbotte. (Présenté par M. E. Borel.)

3° *Diptères (Brachycères)* Asilidæ, par E. Séguy (fascicule 17 *de la Faune de France*.) (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° *Angola et Rhodesia* (1912-1914). *Mission* Rohan-Chabot. Tome IV, fascicule 3. *Insectes (Coléoptères et Hyménoptères) — Arachnides — Mollusques — Fougères*. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

5° *Extension aux fonctions algébroïdes multiformes du théorème de M. Picard et de ses généralisations*, par Georges Rémoundos (Fascicule XXIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*).

6° *Rapport sur la politique française des carburants et l'activité de l'Office national des combustibles liquides pendant la période 1925-septembre 1927*, par Louis Pineau. (Présenté par M. Ch. Barrois.)

MM. **Léon Bertrand**, **Lucien Cayeux**, **Emm. de Margerie** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Minéralogie par le décès de M. *E. Haug*.

MM. **H. Humbert**, **A. Lwoff**, **H. Neuville** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur l'ensemble de tous les nombres algébriques entiers.* Note de M. **Eugène Cahen**, présentée par M. Hadamard.

L'étude de l'ensemble de *tous* les nombres algébriques entiers est très peu avancée. Elle diffère beaucoup de celle des entiers d'un corps algébrique, car il n'y a pas de nombres premiers; tout entier algébrique a des diviseurs qui ne sont pas des unités et qui ne lui sont pas associés; il en a même une infinité.

Voici la contribution que j'apporte à cette théorie.

J'appelle *plus petit multiple rationnel* (p. p. m. r.) d'un entier α, le plus petit entier ordinaire m qui soit multiple de α. J'appelle nombre *primaire* un entier algébrique dont le p. p. m. r. est puissance d'un nombre premier. Ceci posé :

Tout entier algébrique peut se mettre sous la forme d'un produit de facteurs primaires. Cette décomposition n'est possible que d'une seule manière (étant entendu que les facteurs primaires ne sont définis qu'à un facteur unité près, comme dans la théorie ordinaire des corps algébriques).

Resterait à étudier les nombres primaires.

Un nombre primaire dont le p. p. m. r. est p^k est égal à la puissance $k^{\text{ième}}$ d'un nombre primaire α dont le p. p. m. r. est p, mais α et k ne sont pas complètement déterminés, car par exemple si

$$\alpha = \pi^k$$

on a aussi

$$\alpha = \left(\pi^{\frac{1}{n}}\right)^{kn}.$$

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Généralisation d'un théorème de M. Bertini.* Note [1] de M. **G. Nicoladzé.**

Le but de cette Note est d'établir un théorème sur les systèmes algébriques dont le théorème connu de M. Bertini [2] sur les systèmes linéaires n'est qu'un cas particulier.

Soit l'équation

$$F(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \ldots, \lambda_{p+1}) = 0, \tag{1}$$

où F est une forme homogène en x d'ordre n et en même temps une forme homogène en λ d'ordre m. Géométriquement, elle s'interprète dans un plan comme un système algébrique à p paramètres de courbes algébriques.

On peut encore écrire l'équation (1) :

$$(1') \quad \begin{cases} F(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \ldots, \lambda_{p+1}) = \sum_{k_1, \ldots, k_m} \varphi_{k_1 \ldots k_m}(x_1, x_2, x_3)\lambda_{k_1}\ldots\lambda_{k_m} = 0 \\ (k_1, \ldots, k_m = 1, \ldots, p+1), \end{cases}$$

où $\varphi_{k_1\ldots k_m}(x_1, x_2, x_3)$ désigne une forme en x d'ordre n; il est évident que l'ensemble des points communs à toutes les courbes $\varphi_{k_1 \ldots k_m} = 0$ appartient à toutes les courbes du système. Appelons-le *la base* de ce système.

Supposons que la courbe particulière (λ_i^0) de ce système ait un point (x_i^0), multiple d'ordre (s) et soit $s > m$. Il est certain qu'alors on a $\lambda_i = \lambda_i^0$; $(i = 1, \ldots, p+1)$ et $x_i = x_i^0$; $(i = 1, 2, 3)$

$$(A_1)\ \frac{\partial F}{\partial x_{i_1}} = 0; \qquad (A_2)\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_{i_1}\partial x_{i_2}} = 0; \qquad \ldots; \qquad (A_{s-1})\ \frac{\partial^{s-1} F}{\partial x_{i_1}\ldots\partial x_{i_{s-1}}} = 0$$

$$(i_1, \ldots, i_{s-1} = 1, 2, 3).$$

Différentions l'équation (1). On obtient

$$\sum_{i=1}^{i=3} \frac{\partial F}{\partial x_i} dx_i + \sum_{i=1}^{i=p+1} \frac{\partial F}{\partial \lambda_i} d\lambda_i = 0. \tag{2}$$

Pour le point (x_i^0) de la courbe (λ_i^0), en tenant compte de (A_1), on a

$$\sum \frac{\partial F}{\partial \lambda_i} d\lambda_i = 0, \tag{3}$$

---

[1] Séance du 7 novembre 1927.

[2] L. Bertini, *Introduzione alla Geometria projettiva degli iperspazi*, Messina, 1923, p. 269.

ce qui veut dire que la courbe (λ_i^0) est une courbe exceptionnelle du système (1) parce qu'elle appartient à une famille $(p-1)$ dimensionnelle des courbes, déterminées par l'équation différentielle (3) et les conditions initiales (λ_i^0).

Supposons maintenant que la courbe (λ_i^0) soit une courbe générique du système (1). Il est évident que, dans ce cas, elle ne doit plus se distinguer de la plupart de ses courbes voisines et la famille exceptionnelle à laquelle elle appartient, au lieu de $p-1$, doit être p — dimensionnelle, c'est-à-dire que l'équation (3) doit être satisfaite identiquement, ce qui entraîne les expressions suivantes :

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_i} = 0 \qquad (i = 1, \ldots, p+1). \tag{4}$$

Différentions les équations (A_1). En tenant compte de (A_2), on a alors pour (λ_i^0) et (x_i^0)

$$\sum_{k=1}^{k=p+1} \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \, \partial \lambda_k} d\lambda_k = 0 \qquad (i = 1, 2, 3). \tag{5}$$

Un raisonnement tout à fait analogue au précédent nous prouve que, dans le cas de la courbe (λ_i^0) générique, nous avons

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x_i \, \partial \lambda_k} = 0 \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2, 3 \\ k = 1, \ldots, p+1 \end{pmatrix}. \tag{6}$$

Différentions les équations (4). On obtient d'une façon analogue

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \lambda_i \, \partial \lambda_k} = 0 \qquad (i, k = 1, \ldots, p+1). \tag{7}$$

En prolongeant l'opération de différentiation, on arrive aux équations suivantes :

$$\frac{\partial^{s-1} F}{\partial x_{i_1} \ldots \partial x_{i_{s-m-1}} \partial \lambda_{k_1} \ldots \partial \lambda_{k_m}} = 0 \qquad \text{pour } (\lambda_i^0) \text{ et } (x_i^0). \tag{8}$$

Mais, d'après (1'), on a

$$\frac{\partial^m F}{\partial \lambda_{k_1} \ldots \partial \lambda_{k_m}} = \varphi_{k_1 \ldots k_m}(x_1, x_2, x_3); \qquad \text{pour } (x_i^0). \tag{9}$$

Donc (8) devient

$$\frac{\partial^{s-m-1}}{\partial x_{i_1} \ldots \partial x_{i_{s-m-1}}} \varphi_{k_1 \ldots k_m}(x_1, x_2, x_3) = 0 \qquad \text{pour } (x_i^0). \tag{10}$$

De la même façon on voit que toutes les dérivées partielles des

$$\varphi_{k_1 \ldots k_m}(x_1, x_2, x_3)$$

d'ordre inférieur à $s-m-1$ sont aussi nulles pour (x_i^0). Il s'ensuit que le point (x_i^0) est un point multiple d'ordre $s-m$ (au moins) de la base du système (1).

On a démontré ainsi le théorème suivant :

Un point multiple d'ordre s d'une courbe générique du système algébrique d'ordre m des courbes dans le plan est un point multiple d'ordre s — m (au moins) de la base de ce système.

L'extension de ce théorème aux surfaces et hypersurfaces est immédiate : il suffit de prendre $x_1, \ldots, x_{N+1}$ au lieu de x_1, x_2, x_3.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions analytiques multiformes par les fonctions algébriques.* Note (¹) de M. **Miloch Radoitchitch.**

Dans le problème de la représentation d'une fonction analytique générale $f(z)$ par une suite convergente de fonctions spéciales se présente une circonstance nouvelle si, en quittant le plan, on considère les fonctions multiformes. C'est qu'en général ces fonctions spéciales auront nécessairement des surfaces de Riemann qui sont plus simples que celle de $f(z)$. Donc, nous devrons d'abord définir une manière dont ces surfaces tendront, en se compliquant, vers la surface limite. Parmi les définitions que l'on pourrait choisir, nous en adopterons une qui, bien que simple, permet une généralisation naturelle de divers résultats connus, en fournissant en même temps une base théorique pour d'autres problèmes.

Désignons par $\Delta_n (n = 1, 2, \ldots)$ un domaine (d'une surface de Riemann) qui ne recouvre le plan qu'un nombre limité de fois et dont le genre, la connexité et la longueur de la frontière sont finis. Il est manifeste d'une part que tout domaine ouvert Δ d'une surface de Riemann peut être représenté comme limite d'une suite de domaines $\Delta_n (n = 1, 2, \ldots)$ où Δ_n est contenu dans Δ_{n+1} ; d'autre part, que Δ_n peut être considéré comme appartenant à une surface de Riemann algébrique Σ_n. Il s'ensuit que Δ peut être représenté comme limite de domaines Δ_n contenus dans des surfaces algébriques Σ_n (²),

---

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) En particulier, Δ est lui-même contenu dans une surface algébrique Σ; alors $\Sigma_n = \Sigma$.

et par conséquent que tout domaine fermé contenu dans Δ peut être considéré comme domaine de Σ_n, pour n assez grand. Nous exprimerons ce fait en disant que *les surfaces* Σ_n *contiennent à la limite le domaine* Δ. Ceci posé, nous démontrons le théorème suivant :

I. *Soit* D *un domaine ouvert d'une surface de Riemann; soit* $f(Z)$ [1] *une fonction analytique dont la surface contient* D *et soit* D′ *un domaine ouvert contenu dans* D, *tel que* $f(Z)$ *y soit holomorphe, sauf au plus aux points de ramification algébriques dans* D′, *où* $f(Z)$ *est supposée continue.*

Il existe toujours une suite de fonctions algébriques dont les surfaces contiennent à la limite le domaine D *et qui convergent uniformément dans l'intérieur* [2] *de* D′ *vers* $f(Z)$.

En effet, en remplaçant Δ par D, désignons Δ_n par D_n et Σ_n par S_n, puis en remplaçant Δ par D′, désignons Δ_n par D'_n. Puisque D contient D′, nous pouvons supposer que D_n contient D'_n, de sorte que D'_n soit contenu dans S_n. Or, d'après des résultats bien connus de la théorie des fonctions algébriques, concernant le choix arbitraire des zéros et des pôles d'une fonction algébrique à surface donnée d'avance, il existe toujours une fonction algébrique de T, dont la surface est S_n et qui n'a dans D'_n qu'un pôle unique en $T = Z$, d'ordre $= 1$ et au résidu $= 1$, tandis qu'elle a, au point à l'infini sur chaque feuillet où ce point est intérieur à D'_n, des zéros doubles. Cette fonction étant algébrique aussi en Z, avec la même surface S_n, nous l'appellerons $\alpha_n(T, Z)$. En appliquant le calcul des résidus, nous en tirons

$$(1) \qquad f(Z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{C_n} f(T)\,\alpha_n(T, Z)\,dT \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

où C_n est la frontière de D'_n, et Z un point arbitraire de S_n situé dans D'_n. En exprimant que l'intégrale est la limite d'une somme, les formules (1) s'écrivent

$$(2) \qquad f(Z) = \lim_{\nu\to\infty} A_{n,\nu}(Z) \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

où les $A_{n,\nu}$ désignent des fonctions algébriques. Il ne reste plus qu'à choisir une suite de nombres $\nu_n (n = 1, 2, \ldots)$, croissant assez vite pour que les fonctions $A_{n,\nu_n}(Z)$ $(n = 1, 2, \ldots)$ convergent dans tout point de D′, ce qui démontre notre proposition.

---

[1] $z, t, \ldots$ désignant des variables du plan imaginaire, Z, T, ..., ces mêmes variables envisagées comme points de la surface considérée.

[2] C'est-à-dire, dans tout domaine fermé, contenu dans D′.

Citons quelques cas particuliers du théorème I :

1° En posant $D' = D$, on obtient le théorème suivant :

II. *Soit $f(Z)$ une fonction analytique, holomorphe dans un domaine ouvert D d'une surface de Riemann, sauf au plus aux points de ramification algébriques de D, où $f(Z)$ est continue. Il existe toujours une suite de fonctions algébriques dont les surfaces contiennent à la limite le domaine D et qui convergent uniformément dans l'intérieur de D vers $f(Z)$.*

2° En posant pour D la surface de Riemann elle-même, et pour D' le domaine d'existence de f, on trouve que :

III. *Soient $f(Z)$ une fonction analytique, S sa surface de Riemann ; il existe toujours une suite de fonctions algébriques dont les surfaces contiennent à la limite la surface S et qui convergent uniformément vers $f(Z)$ à l'intérieur de tout son domaine d'existence.*

3° Si D fait partie d'une surface algébrique S', le théorème I peut être précisé en posant $S_n = S'$. En particulier, si D est situé dans le plan, on obtient le théorème bien connu de M. Runge sur l'approximation d'une fonction analytique dans un domaine plan, par *les fonctions rationnelles*.

Remarquons que la fonction $A_{n,\nu_n}(Z)$ a toujours des pôles situés sur C_n, et que leur nombre croît avec n. Or, par des considérations analogues à celles de M. Runge, on voit comment, par un déplacement des pôles, la suite des A_{n,ν_n} peut être remplacée par une suite de fonctions algébriques plus simples.

ANALYSE VECTORIELLE. — *Les indices dans un champ de tenseurs. Généralisation de la courbure intégrale.* Note (¹) de M. Y. **Rainich**, présentée par M. Hadamard.

Après que Poincaré avait appliqué la théorie des indices de Kronecker à l'étude de ce que nous appelons aujourd'hui un champ de vecteurs, cette théorie a été élaborée par plusieurs géomètres, mais, à ce que je sais, elle n'a pas été étendue jusqu'à présent à des champs plus généraux de tenseurs alternés. C'est précisément cette généralisation que je me propose de considérer dans cette Note pour le cas de l'espace à quatre dimensions, après une brève récapitulation des résultats connus.

1. Étant donné un arc AB dans un champ de vecteurs unitaires du plan,

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

nous le subdivisons par les points A_1, A_2, ..., A_{n-1}, nous désignons le vecteur du champ au point A_i par a_i, et nous formons la somme $\Sigma \widehat{a_{i+1} a_i}$ (l'expression $\overset{\wedge}{ab}$ dénote le produit alterné des vecteurs a et b; dans le cas des vecteurs unitaires, qui nous intéresse ici, $\overset{\wedge}{ab}$ est égal au sinus de l'angle des deux vecteurs). L'intégrale vers laquelle cette somme tend donne l'angle duquel le vecteur du champ a tourné quand nous avons passé de A à B. Si, au lieu de l'arc, nous prenons un contour fermé, nous avons 2π fois la somme des indices des singularités contenues dans la portion du plan limitée par le contour.

2. Dans le cas d'un champ de vecteurs unitaires dans l'espace ordinaire, divisons une surface donnée en triangles et formons la somme des produits alternés triples des vecteurs du champ déterminés par les sommets des triangles. La limite de cette somme est, dans le cas d'une surface fermée, l'intégrale de Kronecker-Picard et donne la somme des indices des singularités dans le volume limité par la surface.

3. Il n'est pas nécessaire que le champ de vecteurs soit défini en des points autres que les points de la surface. Ainsi, dans le cas d'une surface quelconque, nous pouvons considérer le champ formé par les vecteurs unitaires normaux à la surface. L'intégrale introduite dans 2 fournit maintenant la courbure intégrale de Gauss.

4. Après ces préliminaires qui ne contiennent rien d'essentiellement nouveau, nous allons considérer un champ de tenseurs alternés de l'espace à quatre dimensions: puisqu'un plan passant par un point donné peut être caractérisé par un tel tenseur, ce que nous trouverons sera applicable à une congruence de plans dans l'espace à quatre dimensions. Un tenseur en question est donné par les quantités F_{ij} sujettes aux conditions $F_{ij} + F_{ji} = 0$; six seulement de ces quantités sont indépendantes en général, F_{12}, F_{13}, F_{14}, F_{34}, F_{42}, F_{23}, ce qui donne à ce tenseur le nom *six-vecteur*. Un six-vecteur particulier qui satisfait aux conditions

$$(1) \qquad F_{12} = \pm F_{34}, \quad F_{13} = \pm F_{42}, \quad F_{14} = \pm F_{23}$$

serait un *tri-vecteur* et nous dirons que deux tri-vecteurs qui satisfont aux conditions (1), avec les mêmes signes, sont du même type. Si les signes supérieurs valent pour un des deux tri-vecteurs et les signes inférieurs pour l'autre nous dirons que les deux tri-vecteurs sont des types opposés. (Ces

tri-vecteurs ont été considérés par Jordan sous une forme un peu différente (*Bull. Soc. math. de France*, 3, p. 173). Sans entrer dans la théorie intéressante de ces tri-vecteurs, nous ferons seulement deux remarques. La première est que trois tri-vecteurs du même type donnent lieu à un produit triple alterné, tout comme trois vecteurs de l'espace ordinaire; la seconde est qu'un six-vecteur général est la somme de deux tri-vecteurs déterminés de types opposés.

5. Étant donné un champ de tri-vecteurs unitaires de type constant dans l'espace à quatre dimensions et une surface (deux-dimensionnelle), formons la somme et passons à la limite précisément comme dans le cas de l'espace ordinaire, en utilisant les produits alternés mentionnés plus haut. Nous arrivons à la définition de l'indice pour un champ de tri-vecteurs dans l'espace à quatre dimensions. Les singularités doivent être ici, comme on le voit immédiatement, des *lignes singulières*.

6. Étant donné un champ de tenseurs alternés généraux (six-vecteurs), décomposons, en utilisant la seconde remarque du n° 3, chaque tenseur en la somme de deux tri-vecteurs des types opposés: multiplions chacun de ces tri-vecteurs par un nombre convenable qui en fait un tri-vecteur unitaire, formons les indices pour chacun des deux champs ainsi obtenus comme au n° 4. Nous parvenons ainsi à attribuer à chaque surface dans un champ de six-vecteurs *deux* nombres, *deux* indices. Il est aisé de voir que ces deux nombres peuvent prendre des valeurs indépendantes.

7. Pour considérer la généralisation de la courbure intégrale au cas d'une surface (deux-dimensionnelle) dans l'espace à quatre dimensions, nous prenons le champ constitué par les plans normaux à la surface. Nous obtenons deux intégrales qui sont des multiples de 4π. Nous avons donc deux nombres qui servent comme généralisation de la courbure intégrale. Pour une sphère ces deux nombres sont égaux. Il serait intéressant de construire une surface pour laquelle ils ont des valeurs différentes. En chaque point de la surface, nous avons deux nombres qui figurent sous le signe $\int$ dans les intégrales considérées; la demi-somme de ces deux nombres est la courbure totale de la surface au point en question.

MÉCANIQUE. — *Sur le centre des forces non parallèles.*
Note (¹) de M. **Kolossoff**, présentée par M. Mesnager.

Soit $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots, \vec{F}_n$ un système de forces, appliquées aux points M_1, $M_2, \ldots, M_n$ d'un solide. Appelons centre de ces forces le point C, défini par deux conditions :

$$(1)\qquad \Sigma\left(\vec{\rho}_k \vec{F}_k\right) = 0, \qquad \text{proj. } \Sigma\left[\vec{\rho}_k \vec{F}_k\right] \text{ sur } P = 0 \ (^2),$$

$\vec{\rho}_k = \overrightarrow{CM}_k$, P étant un plan perpendiculaire à $\Sigma \vec{F}_k = \vec{F}$.

Si tous les $\vec{F}_k$ sont parallèles, $\vec{\lambda}$ un vecteur unitaire parallèle aux forces, F_k les nombres mesurant les forces (positifs ou négatifs) suivant leurs sens par rapport à λ, nous pouvons écrire (1) sous la forme :

$$(2)\qquad \Sigma\left(\vec{\rho}_k F_k, \vec{\lambda}\right) = 0, \qquad \text{proj. } \Sigma\left[\vec{\rho}_k F_k, \vec{\lambda}\right] \text{ sur } P = 0,$$

d'où $\Sigma \vec{\rho}_k F_k = 0$. Soit O un point fixe (origine des coordonnées rectangulaires Ox, Oy, Oz) $\vec{r}_k = \overrightarrow{OM}_k$, $\vec{r}_c = \overrightarrow{OC}$

$$(3)\qquad \vec{\rho}_k = \vec{r}_k - \vec{r}_c \qquad \text{et} \qquad \vec{r}_c F = \Sigma \vec{r}_k F_k.$$

Considérons maintenant le cas général. On obtient de (1) au moyen de (3) :

$$(4)\qquad \left(\vec{r}_c, \vec{F}\right) = \Sigma\left(\vec{r}_k \vec{F}_k\right) \qquad \text{et} \qquad \left[\vec{r}_c \vec{F}\right] = \text{proj. } \Sigma\left[\vec{r}_k, \vec{F}_k\right] \text{ sur P.}$$

La première des équations (4) définit comme lieu géométrique de C un plan P à la distance $\frac{1}{F}\Sigma\left(\vec{r}_i \vec{F}_i\right)$ de O; la deuxième une droite parallèle à F à la distance $\frac{1}{F^2}\left[\vec{F}, \Sigma\left[\vec{r}_k \vec{F}_k\right]\right]$ de ce point. Pour le point d'intersection

$$(5)\qquad \vec{r}_c = \frac{\vec{F}\Sigma\left(\vec{r}_k \vec{F}_k\right) + \left[\vec{F}, \Sigma\left[\vec{r}_k \vec{F}_k\right]\right]}{F^2}.$$

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) ( ) est le produit intérieur, [ ] — le produit extérieur (Malet, *Calcul vectoriel*, 1927).

Le point C déjà introduit d'une manière plus compliquée par R. W. Hamilton ([1]) possède d'importantes propriétés astatiques qui lui font mériter le nom de « centre » à un degré supérieur aux centres de Minding ([2])-Darboux ([3]) et de Möbius ([4]). Déplaçons le solide en le tournant avec les axes Ox, Oy autour de l'axe Oz en supposant les forces $\vec{F}_k$ constantes en grandeur et en direction.

1° Il est évident que par C passera toujours l'axe central des forces et dans le cas $I = 0 \left(F > 0\right)$ la résultante du système de forces où

$$(6) \qquad I = \Sigma X_k \Sigma (y_k Z_k - z_k Y_k) + \Sigma Y_k \Sigma (z_k X_k - x_k Z_k) + \Sigma Z_k \Sigma (x_k Y_k - y_k X_k),$$

x_k, y_k, z_k étant les coordonnées du point M_k, X_k, Y_k, Z_k les projections de $\vec{F}_k$ sur les axes Ox, Oy, Oz.

2° Il s'ensuit de (5) :

$$(7) \qquad F^2(x_c + i y_c) = \Sigma(X_k + iY_k)\Sigma(X_k - iY_k)(x_k + i y_k) + \Sigma Z_k \Sigma Z_k z_k + \Sigma(X_k + iY_k)\Sigma z_k Z_k - \Sigma Z_k \Sigma(X_k + iY_k) z_k,$$

$$(8) \qquad F^2 z_c + iI = \Sigma(X_k + iY_k)\Sigma(X_k - iY_k) z_k + \Sigma Z_k \Sigma Z_k z_k - \Sigma(X_k + iY_k)\Sigma Z_k (x_k - i y_k) + \Sigma Z_k \Sigma(X_k + iY_k)(x_k - i y_k).$$

Soient φ l'angle de l'axe Ox avec une droite fixe du plan xy et $X_k^{(0)}$, $Y_y^{(0)}$ les valeurs de X_k, Y_k quand $\varphi = 0$ et Ox coïncide avec cette droite

$$X_k + iY_k = e^{i\varphi}(X_k^{0} + iY_k^{(0)}) \quad ([5]).$$

On obtient de (7) que $x_c + iy_c$ est invariable quand

$$\Sigma(X_k + iY_k)\Sigma Z_k z_k = \Sigma Z_k \Sigma(X_k + iY_k) z_k$$

([1]) *Elements of Quarternions*, 2ᵉ édition, Londres, 1901, p. 708-709; c'est la trace de l'axe central et d'un plan pour lequel le viriel est nul.

([2]) *Handbuch der theoretischen Mechanik*, Berlin, 1838, p. 78.

([3]) *Lehrbuch der Statik*, Leipzig, 1837, p. 236-282.

([4]) *Mémoire sur l'équilibre astatique* (*Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 2, 1, 1877, p. 1).

([5]) L'emploi des imaginaires simplifie le calcul. Si $x_k^{(0)}$, $y_k^{(0)}$ les coordonnées de M_k par rapport aux axes xy quand $\varphi = 0$, $x_k + i y_k = e^{i\varphi}(x_k^{(0)} + i y_k^{(0)})$. En élevant au carré, multipliant par m_k nous trouvons à la formule de transformation des moments d'inertie d'un système plan :

$$I_y - I_x + 2iI_{xy} = e^{2i\varphi}(I_y^0 - I_x^0 + 2iI_{xy}^{0)}),$$

$$I_x + I_y = I_x^0 + I_y^0 \quad (I_x = \Sigma m_k y_k^2,\ I_y = \Sigma m_k x_k^2,\ I_{xy} = \Sigma m_k x_k y_k)$$

et nous arrivons aux méthodes de construction de Mohr et de Culmann.

et de (8) que $F^2 z_c + iI$ est invariable quand

$$\Sigma Z_k \Sigma (X_k + iY_k)(x_k - iy_k) = \Sigma (X_k + iY_k) \Sigma Z_k (x_k - iy_k).$$

En introduisant les centres des trois groupes de forces de Riche de Prony (¹) et leurs coordonnées (coordonnées astatiques du système)

$$x_x = \frac{\Sigma x_k X_k}{\Sigma X_k}, \quad y_x = \frac{\Sigma y_k X_k}{\Sigma X_k}, \quad z_x = \frac{\Sigma z_k X_k}{\Sigma X_k}, \quad x_y = \frac{\Sigma x_k Y_k}{\Sigma Y_k}, \quad y_y = \frac{\Sigma y_k Y_k}{\Sigma Y_k},$$

$$z_y = \frac{\Sigma z_k Y_k}{\Sigma Y_k}, \quad x_z = \frac{\Sigma x_k Z_k}{\Sigma Z_k}, \quad y_z = \frac{\Sigma y_k Z_k}{\Sigma Z_k}, \quad z_z = \frac{\Sigma z_k Z_k}{\Sigma Z_k},$$

nous obtiendrons que $x_c + iy_c$ est invariable quand $z_x = z_y = z_z$ et Oz est perpendiculaire au plan des centres; z_c, ainsi que I, restent invariables, quand $\frac{y_x - y_z}{x_x - x_z} \frac{y_y - y_z}{x_y - x_z} = -1$ (le triangle de trois centres est rectangulaire) et

$$\text{(II)} \qquad (x_x - x_z)\Sigma X_k + (y_y - y_z)\Sigma Y_k = 0.$$

3° Dans le cas où les trois centres coïncident, le centre C coïncide avec le centre de Minding ainsi que dans les cas du système plan.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les profils aérodynamiques de forme générale.* Note (²) de M. E. **Carafoli**, présentée par M. Rateau.

J'ai indiqué (³) une méthode générale pour la construction des profils d'aviation. En remarquant maintenant qu'il est possible de donner une autre forme à la fonction de transformation, je détermine cette forme en vue d'obtenir des conclusions intéressantes quant à la technique du tracé.

Nous pouvons, en effet, écrire :

$$z = \zeta + \frac{c^2}{\zeta} + \sum_{i=0}^{i} \sum_{k=1}^{k} \frac{\varkappa_{ik}}{(\zeta - t_i)^k},$$

et déterminer les coefficients $\varkappa_{ik}$, en posant, comme précédemment :

$$\left[\sum \sum \frac{k.\varkappa_{ik}}{(\zeta - t_i)^k} \frac{\zeta}{\zeta - t_i} \right]_{\zeta = -\overline{OB'}e^{-i\gamma}} = \overline{C'B'} e^{i\sigma}.$$

(¹) *Leçons de Mécanique analytique*, I, Paris, 1810; II, Paris, 1815.

(²) Séance du 7 novembre 1927.

(³) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 842.

Il en résulte, pour le module et l'argument du terme d'ordre $(ik)^{\text{ième}}$:

$$\frac{\varkappa_{ik}}{(\zeta - t_i)^k} = (-1)^k \frac{\overline{\mathrm{IH}}}{k} \left(\frac{\overline{\mathrm{T}_i\mathrm{B}'}}{\overline{\mathrm{T}_i\mathrm{P}'}}\right)^k \frac{\overline{\mathrm{T}_i\mathrm{B}'}}{\overline{\mathrm{OB}'}},$$

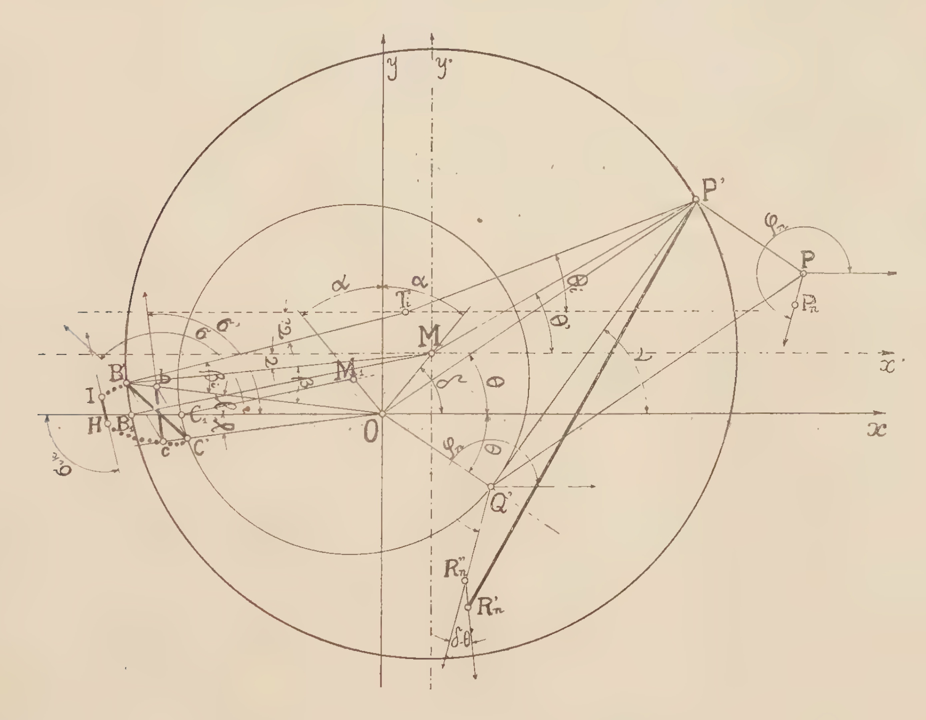
$$\varphi_{ik} = \sigma_{ik} + k\tau_i + \beta_i - k\theta_i.$$

Si $t_0 = t_1 = \ldots = t_i = \ldots = \mu$, μ représentant le centre M du cercle générateur, et si, en outre, la somme double $\sum\sum$ se réduit à un seul terme d'ordre $n^{\text{ième}}$, on aura :

$$\left|\frac{\varkappa_n}{(\zeta - \mu)^n}\right| = (-1)^n \frac{\overline{\mathrm{C}'\mathrm{B}'}}{n} \frac{\overline{\mathrm{MB}'}}{\overline{\mathrm{OB}'}},$$

$$\varphi_n = \sigma + n\tau + \beta - n\theta'.$$

On voit donc que le vecteur correctif PP_n a une grandeur constante et



la construction graphique devient d'une très grande simplicité. Il est plus commode en particulier de diviser le cercle en angles égaux, mais en prenant $\mathrm{M}x'$ pour axe polaire. L'angle τ, que $\overline{\mathrm{OB}'}$ fait avec $\mathrm{O}x$, détermine le moment aérodynamique pour la portance nulle, qui est proportionnel à $c^2 \sin 2\tau$.

Pour calculer la vitesse sur le contour du profil, il faut construire le module de $\frac{dz}{d\zeta}$, qui serait, dans notre cas particulier,

$$\left|\frac{dz}{d\zeta}\right| = \frac{\left|\zeta - \frac{c^2}{\zeta} - \frac{n\chi_n}{(\zeta-\mu)^n}\frac{\zeta}{\zeta-\mu}\right|}{|\zeta|}$$

$$= \frac{\left|\overline{Q'P'}\,e^{i\nu} - n\,\overline{PP_n}\,e^{i\varphi_n}\left(1 + \frac{|\mu|}{\overline{MB'}}e^{i(\delta-\theta')}\right)\right|}{\overline{OP'}} = \frac{\overline{P'R'_n}}{\overline{OP'}}.$$

Pour les profils à *pointe arrondie*, les opérations sont identiques avec

$$\left|\frac{\varkappa'_n}{(\zeta-\mu)^n}\right| = (-1)^n\frac{\overline{cb}}{n}\left(\frac{\overline{Mb}}{\overline{MB'}}\right)^n\frac{\overline{Mb}}{\overline{Ob}},$$

$$\varphi'_n = \sigma' + n\tau + \beta - n\theta'.$$

Pour ces profils, l'hypothèse de Joukowski sur l'écoulement autour d'une *pointe proprement dite* n'est plus valable; mais nous pouvons lui substituer une autre semblable en admettant que le point de vitesse nulle sur le cercle correspond au point de profil pour lequel on a $\left|\frac{dz}{d\zeta}\right|$ minimum. Il est facile de montrer que ce point est très voisin de B′, avec lequel on peut le supposer pratiquement confondu.

AVIATION. — *Sur un principe nouveau permettant la réalisation d'appareils mesurant les conditions aérodynamiques du vol des avions.* Note (¹) de MM. **E. Huguenard**, **A. Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. Rateau.

Les conditions d'équilibre du vol ainsi que la puissance motrice d'un avion sont fonctions de grandeurs qui dépendent au premier chef de la densité de l'atmosphère ambiante. Les instruments servant à évaluer ces grandeurs doivent donc être sensibles à la pression et à la température de l'air.

Pour mesurer de telles grandeurs, nous avons construit des appareils basés sur le principe nouveau suivant :

La force P produite par l'action de la pression atmosphérique sur une capacité déformable, vide d'air, agit sur le bras de levier OA (*fig.* 1) de

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

l'équipage mobile autour du point O. Ce bras prend donc la direction de P lorsque, sur l'équipage, n'agit aucune autre force que la réaction de liaison O qui maintient l'alignement OAP. Si un couple c s'exerce sur l'équipage, il le déplace d'un angle θ, supposé petit, proportionnel à c et inversement proportionnel à la pression ambiante. Il en résulte que, contrairement à ce qui se passe dans les instruments usuels, l'action d'un même couple entraîne une rotation de l'équipage d'autant plus grande que l'atmosphère où navigue l'appareil est plus raréfiée, puisque le couple de rappel créé par la pression atmosphérique agissant sur le dispositif ci-dessous diminue avec cette pression. Ce couple de rappel par la pression atmosphérique est commun à tous les appareils décrits ci-après.

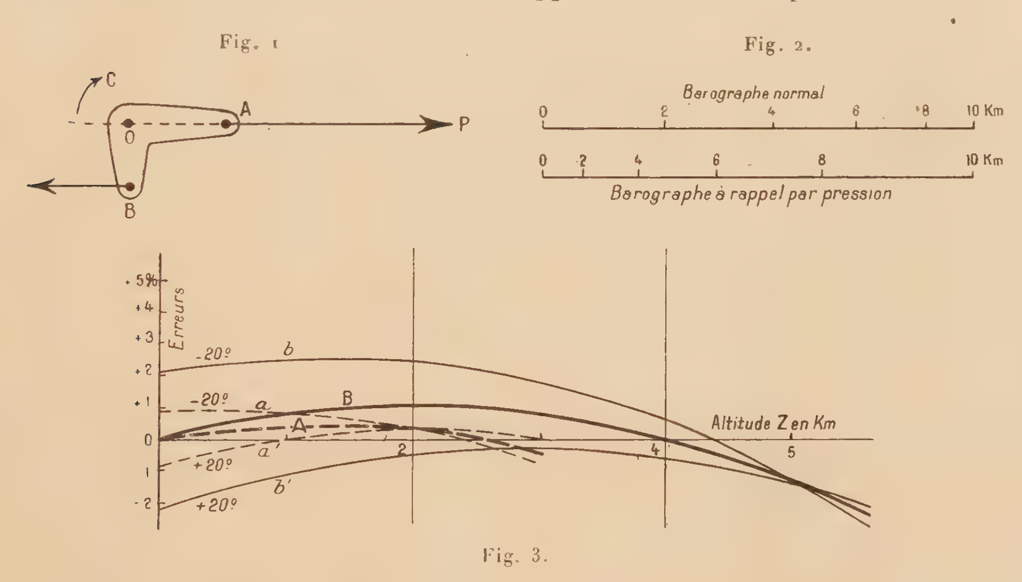


Fig. 3.

Densigraphe. — Cet instrument comporte le dispositif ci-dessus sur lequel s'exerce un couple moteur produit par un ressort à tension sensiblement constante agissant sur un levier OB, perpendiculaire au levier OA (*fig.* 1) en un point B. La distance OB est rendue proportionnelle à la température absolue de l'air ambiant au moyen d'un dispositif thermométrique à dilatation métallique rectiligne et à mise en équilibre rapide. Le couple moteur c est donc proportionnel à la température absolue, tandis que le couple de rappel est proportionnel à la pression atmosphérique p et l'angle de rotation est de la forme $\theta = \mathrm{K}\frac{\mathrm{T}}{p} = \frac{\lambda}{d}$, d étant la densité de l'air ambiant.

Le levier AOB monté sur couteaux constitue un véritable amplificateur

géométrique de la déformation de la capacité; il donne à l'instrument, vis-à-vis des appareils habituels, les mêmes avantages que ceux que présente une balance par rapport à un dynamomètre à ressort et fournit naturellement une graduation qui s'espace considérablement vers les faibles valeurs de la densité.

Barographe. — L'appareil précédemment décrit peut être utilisé comme barographe par simple réduction du système thermométrique.

La figure 2 montre en bas l'échelle obtenue pour un tel barographe gradué en altimètre dans l'hypothèse de l'atmosphère standard, et en haut celle que donne un baromètre normal.

Enregistreur de vitesse compensé. — Une trompe de Venturi, simple ou multiple, donne une dépression de la forme $\lambda . d. V^2$, λ étant la densité du fluide ambiant et V sa vitesse. Agissant sur une capacité déformable, cette dépression produit un effort de la même forme algébrique. Dans notre appareil, cet effort est appliqué, au lieu de la force constante du ressort, au point B du densigraphe qui vient d'être décrit (*fig.* 1). Il détermine une rotation de l'équipage mobile qui ne dépend plus que de la vitesse aérodynamique V si le rapport d'amplification λ de la trompe ne doit pas être corrigé en fonction de l'altitude.

Sans attendre le résultat des expériences que nous poursuivons à ce sujet, nous avons construit un appareil simplifié, de précision satisfaisante aux altitudes moyennes, en nous basant sur le fait que l'influence de la pression est beaucoup plus grande sur les variations de la densité que celle de la température dans les conditions atmosphériques courantes. En effet entre 0 et 5000^m, en atmosphère normale, les variations de la densité dues à la pression sont de 48 pour 100 et celles dues à la température de 11 pour 100. Cette remarque nous a permis de supprimer le thermomètre métallique et d'obtenir une bonne correction de température en vidant incomplètement la capacité barométrique qui joue ainsi le rôle de thermomètre à air. L'effort de rappel est alors ramené à une valeur convenable au moyen d'un ressort à tension quasi constante.

La figure 3 donne la courbe A des erreurs d'un de ces instruments utilisable jusqu'à 3000^m dans l'atmosphère standard, et la courbe B des erreurs d'un autre de ces appareils utilisable jusqu'à 5500^m. Les courbes a, a', b, b' montrent les erreurs des mêmes enregistreurs dans une atmosphère dont la température s'écarterait de 20° en plus ou en moins de celle de l'atmosphère standard. Ces erreurs ne dépassent pas 1 pour 100 pour le premier appareil et 2 pour 100 pour le second.

ASTRONOMIE. — *Observation du passage de Mercure sur le disque du Soleil, faite à l'Observatoire de Nice.* Note de M. **Schaumasse**, présentée par M. Deslandres.

L'observation a été faite à l'Équatorial coudé de $0^m,40$ d'ouverture et de 10^m de distance focale, l'objectif étant diaphragmé à $0^m,10$. Grossissement 70.

Au moment du lever du Soleil, le ciel était très nuageux ; à 7^h45^m, T. U., seulement on a pu voir la planète sur le disque solaire.

Voici les heures des observations en temps universel, le 10 novembre 1927. Les nombres O.—C., indiquent les différences, observation moins calcul, avec les prévisions déduites des données et des formules de la *Connaissance des Temps*.

	Temps universel.	O.—C.
Dernier contact intérieur.........	$8^h27^m51^s$	-33^s
Dernier contact extérieur........	$8^h29^m22^s$	-43^s

La planète présentait l'apparence d'un disque régulier très sombre, sa disparition a été complète après le contact extérieur. Au moment de la sortie, les images étaient assez calmes.

Avant le dernier contact intérieur on n'a pas constaté l'existence du ligament noir.

ASTRONOMIE. — *La redécouverte de la comète Schaumasse et la méthode photographique d'observation des comètes.* Note de M. G. **Van Biesbroeck**, présentée par M. Bigourdan.

Le second retour de la comète périodique trouvée à Nice en 1911, par M. Schaumasse, était attendu cet automne dans des conditions d'observation défavorables. Grâce à un calcul précis, la position avait toutefois été prédite avec une grande certitude par M. G. Merton, de l'Observatoire de Greenwich. Mais il en résultait que, faible, l'astre ne devait être visible que près de l'horizon, pendant un court intervalle de temps précédant l'aurore. L'astronome anglais faisait remarquer, en outre, que l'observation, à l'époque présente, était particulièrement désirable parce que, au retour prochain, en 1935, les circonstances seront encore plus défavorables, après quoi l'orbite subira de fortes perturbations à cause d'un rapprochement considérable de Jupiter. Si l'astre n'avait été retrouvé, au retour au périhélie de cette année, il eût été inévitablement perdu à l'avenir.

J'ai fait une première tentative de retrouver l'astre le 23 septembre, à l'aide du réflecteur de 60^{cm} d'ouverture $\left(f=\frac{1}{4}\right)$ de l'Observatoire Yerkes. Les poses étaient nécessairement courtes à cause de l'arrivée du jour, et rien de suffisamment défini ne fut reconnu sur les plaques. Une nouvelle tentative le 4 octobre fut couronnée de succès; cette fois j'avais fait usage de la lunette photographique Bruce de cet Observatoire, deux poses étant faites simultanément avec des lentilles de 15 et 25^{cm} respectivement. La comète fut reconnue comme une faible nébulosité correspondant à la 12e grandeur stellaire, presque exactement à l'endroit prédit par le calculateur anglais. Depuis lors, l'astre a été observé ici, à l'aide du réflecteur, aux dates suivantes : octobre 8, 19, 21, 25 et 26, et en outre sa faible trace a été reconnue sur les plaques prises le 23 septembre. Il semble qu'il soit possible de suivre la comète pendant plusieurs mois encore, malgré sa diminution d'éclat. Les observations seront publiées dès que la série des mesures sera terminée.

Des poses de 5 ou 6 minutes, au réflecteur, étant suffisantes pour obtenir à présent des images mesurables, la méthode photographique offre de très grands avantages. Point n'est besoin de voir l'objet même au moment de la pose, pourvu qu'on ait reconnu les principales étoiles du champ stellaire qu'il occupe d'après l'éphéméride. Point de temps n'est perdu à trouver et identifier une étoile de comparaison dont la position soit connue par un catalogue récent. Il n'y a pas à faire avec hâte, avant l'arrivée du jour, des pointés micrométriques sur un objet difficilement visible à faible altitude. Le temps limité dont on dispose ne permettrait guère des observations différentielles par passages. Toutes ces difficultés sont évitées par l'emploi d'un instrument photographique rapide. Les plaques étant prises, on peut les examiner à loisir et en s'aidant des catalogues astrographiques (Zones de Bordeaux et de Toulouse dans le cas présent), on n'a que l'embarras du choix, au point de vue des étoiles de comparaison. Trois étoiles suffisent pour déterminer l'échelle et l'orientation et, comme on peut les prendre parmi les plus faibles du catalogue, le danger d'employer des étoiles à mouvement propre sensible est réduit de beaucoup. Finalement les mesures sur les plaques ne sont que très peu affectées par des erreurs systématiques de pointage qui, surtout dans le cas des observations de passages, peuvent devenir considérables. Tous les avantages sont donc en faveur du procédé photographique grâce auquel le nouveau visiteur a déjà pu être mesuré sept fois au cours du premier mois d'observation.

CAPILLARITÉ. — *Sur la structure microscopique et moléculaire des formations myéliniques.* Note (¹) de M. J. **Nageotte**, présentée par M. Brillouin.

Les formations myéliniques de l'extrait frais de cerveau permettent de saisir objectivement le passage d'une structure microscopique à une structure moléculaire. Cela tient à la possibilité de voir distinctement les lames minces réfringentes aux forts grossissements, dans certaines conditions d'incidence et de dispersion, même si leur épaisseur ne dépasse pas l'ordre de grandeur des molécules; l'image n'est vue que par les perturbations lumineuses qui la bordent et que les histologistes appellent improprement des franges.

Mes observations sur ce sujet (²) ont été contestées par M. Friedel (³), qui nie même l'évidente analogie entre la gaine de myéline des nerfs et les formations myéliniques artificielles, notion banale. Frappé de la labilité des formations artificielles, mon honorable contradicteur oublie que la gaine de myéline des nerfs, stabilisée par le milieu organique, devient labile dans l'eau pure et que la labilité des formations myéliniques de l'extrait de cerveau est fortement diminuée dans l'eau salée : simple question de milieu.

Dans les formes myéliniques, si variées, M. Friedel n'a vu que des « boudins ». En fait, chaque excroissance de myéline, formation creuse ramifiée, dérive d'une lame emboutie à faces parallèles, visiblement feuilletée. Les types morphologiques réalisés sont des poches de volumes variés, des tubes réguliers à cavité parfois large, mais souvent filiforme, enfin des cylindres pleins, rares en eau pure, dont l'orientation moléculaire est la même que celle des tubes. La lecture méthodique des préparations de myéline nécessite l'emploi d'objectifs à grande ouverture, donnant des coupes optiques nettes et permettant l'analyse plan par plan. L'expérience s'acquiert par l'étude du nerf frais, dont les gaines de myéline ont une forme connue d'avance et possèdent les mêmes propriétés physiques que les excroissances artificielles, bien que leur matière soit plus complexe. On se familiarise ainsi avec les aspects de cette substance singulière qui, malgré sa fluidité, est façonnée en lames à faces parallèles, clivables presque à

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 44.

(³) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 330.

l'infini; et l'on apprend qu'une lame de myéline ne donne une image, claire ou sombre suivant les cas, que si son incidence sur le plan focal se fait suivant un angle supérieur à 70° environ; par conséquent la forme d'une grande étendue des excroissances myéliniques se dérobe à l'observation, ce qui entraîne de nombreuses illusions.

J'ai montré comment la dispersion dans l'eau, dernier terme du clivage des feuillets, permet de voir distinctement en coupe optique l'élément de structure, lame mince continue, d'épaisseur invariable, d'aspect caractéristique, que j'appelle *lame élémentaire*. Les lames élémentaires dispersées forment souvent des systèmes extrêmement ténus de bulles emboîtées, dont on peut constater *l'élasticité* par des pressions délicates sur la préparation. Les conditions d'examen sont très favorables; les bulles, vues en coupe optique, donnent des cercles dans un champ optiquement vide; la minceur des lames exclut pratiquement la déformation de l'image des bulles enveloppées par les bulles enveloppantes. M. Friedel, dans mes photographies, voit des « gouttes à gradin, généralement très plates, appliquées sur le verre inférieur ». Mais, ne tenant aucun compte des renseignements fournis sur la disposition en profondeur et n'ayant sous les yeux qu'une seule coupe optique, comment peut-il juger du relief ? Or il est facile de prouver, par des mensurations horizontales et verticales, prises sur des objets identiques, que chaque cercle observé répond dans l'espace à une couronne sphérique d'environ 20° au-dessus et autant au-dessous d'un grand cercle horizontal; c'est juste la zone que nous savons être accessible à l'observation en lumière transmise, si l'on suppose que les cercles sont les coupes optiques de bulles à parois minces; de plus, l'éclairage latéral donne des reflets de forme caractéristique dans les régions non visibles en lumière transmise. Fait remarquable, quand le diamètre d'un cercle est plus grand que l'épaisseur de la préparation (de l'ordre de $0^{mm},1$), mesurée en utilisant les impuretés collées aux verres, le grand cercle de la bulle supposée, déterminé à la fois par les mesures et par le phénomène si net de l'inversion des bordures de l'image, siège *exactement* à mi-hauteur entre les verres : l'hypothèse d'une bulle comprimée de haut en bas est vérifiée.

D'autre part, M. Friedel a vu des « formations à stries circulaires... très grosses et faciles à observer aux faibles grossissements » qu'il voudrait assimiler aux objets que j'ai étudiés. Ces grosses formations banales peuvent simuler grossièrement, à une échelle très différente, les figures que j'ai données, mais une dispersion de lames élémentaires ne peut être vue dans les conditions d'examen indiquées.

De mes observations, je conclus que les « formations myéliniques » proprement dites sont caractérisées par un mode particulier d'hydratation, qui appartient à certaines matières dans certaines conditions. L'extrait de cerveau (lécithine impure), mis en présence de l'eau, se détache des surfaces auxquelles il adhérait et qui, dès lors, ne peuvent plus l'orienter. Il donne ainsi naissance aux excroissances myéliniques, qui glissent librement sur le verre. Les molécules, orientées par l'eau qui pénètre, se rangent en lames minces, continues et parallèles. Dispersées dans l'eau, ces lames sont vues distinctement; tassées inégalement, suivant les couches, elles donnent aux tubes l'aspect « zoné » observé par Lehmann. Cette disposition est sur le point de départ de phénomènes complexes; elle joue un rôle dans la structure du nerf et peut-être dans sa conductibilité. La notion de la présence de groupes hydrophiles dans la molécule de corps par ailleurs lipoïdes (Langmuir, Devaux, Trillat) conduit à une explication vraisemblable du fait morphologique fondamental qui, en lui-même, est simple et se présente dans des conditions optiques favorables, dont il faut savoir profiter.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une vérification de la théorie des détecteurs et redresseurs à contact.* Note de M. **Dubar**, présentée par M. Paul Janet.

Les remarquables expériences de M. Pélabon ont montré que le courant électrique peut passer dans un intervalle isolant d'épaisseur suffisamment faible séparant deux conducteurs; mais en général l'ensemble ainsi constitué est doué de conductibilité différente suivant le sens du courant. Lorsque les surfaces en regard ne présentent pas de différences de courbures importantes, la théorie électronique indique que le courant passera plus facilement du conducteur le plus pauvre en électrons libres au conducteur le plus riche que dans le sens inverse. Nous avons formé par électrolyse une pellicule isolante de silice d'épaisseur extrêmement faible (coloration bleue des lames minces) à la surface d'un bloc de silicium et appliqué sous forte pression du graphite au contact de cette pellicule. La surface intéressée était de 3^{cm^2}. Nous avons relevé la courbe courant-tension du conducteur complexe ainsi réalisé. Cette courbe dissymétrique présente un long point d'inflexion à l'origine correspondant à une résistance de 12 ohms.

Sous une même tension appliquée de 3,25 volts le courant est de 1,4 ampère dans le sens silicium-graphite et de 0,4 ampère dans le sens inverse. Le courant s'établit instantanément et l'appareil redresse le courant alter-

natif même de fréquence relativement élevée. Le sens de la plus grande conductibilité est conforme à la théorie rappelée plus haut, le silicium étant beaucoup plus résistant que le graphite, donc plus pauvre en électrons libres, ce que confirme en outre sa force électromotrice thermo-électrique, négative et très élevée par rapport au carbone. Il est curieux d'observer que si l'on constitue un redresseur électrolytique avec le même bloc de silicium et un crayon de charbon dans l'acide sulfurique étendu, le sens du courant redressé est inverse, c'est-à-dire du charbon au silicium. Cela s'explique par le fait que la proportion relative d'électrons libres est renversée, l'électrolyte n'en renfermant pas (mais seulement des ions) tandis que le silicium en contient, sa conductibilité étant de nature métallique.

OPTIQUE INSTRUMENTALE. — *Comparaison, en laboratoire, des images et des champs fournis par un télescope newtonien et un télescope Ritchey-Chrétien.* Note de M. **G.-W. Ritchey**, présentée par M. H. Deslandres.

J'ai pu construire les miroirs d'un télescope newtonien et ceux d'un réflecteur aplanétique Ritchey-Chrétien (1). Chacun de ces deux instruments a une ouverture de $0^m,505$ et une longueur focale de $3^m,45$. Une fois terminés, ces télescopes ont été montés, l'un après l'autre, sur un banc d'optique, entièrement métallique, en combinaison avec un miroir optiquement plan de $0^m,75$ (2).

Les conditions de température et les ondulations de l'air peuvent être bien réglées ici. L'étoile artificielle utilisée a un diamètre d'un micron, et est formée par la combinaison d'un arc de tungstène, d'un trou d'aiguille et d'un objectif de microscope. Cette étoile reste fixe au foyer sur l'axe; les images hors de l'axe sont obtenues en tournant légèrement le grand miroir plan de $0^m,75$ autour d'un axe vertical.

En examinant avec de forts grossissements les images formées à différentes distances de l'axe, j'ai toujours choisi et repéré l'endroit où la plus grande partie de la lumière totale de l'image est concentrée sur la plus petite surface. Ce mode d'opérer diffère des recherches théoriques antérieures en ce qu'il fait connaître nécessairement la répartition exacte de la lumière dans l'image, compte tenu, à la fois, des aberrations géométriques et de la diffraction. J'appellerai *images de concentration maxima* celles qui sont ainsi choisies.

---

(1) Ritchey et Chrétien, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 266.

(2) G.-W. Ritchey, *The Astrophysical Journal*, 19, 1904, p. 53.

Images et champ du télescope newtonien. — Les images extra-axiales ont la forme familière en fer de flèche, c'est-à-dire avec coma, la pointe dirigée vers le centre du champ. Leurs dimensions varient, en général, comme leur distance à l'axe; mais leur forme et leur répartition de lumière varient considérablement avec de petits déplacements du foyer. Dans le champ plan dont on se sert actuellement en photographie astronomique, au moins 90 pour 100 de la lumière totale de chaque image, et cela à n'importe quelle distance de l'axe, sont répartis presque uniformément sur la moitié de la longueur de l'image qui est adjacente au sommet, et il n'y a pas de concentration marquée de lumière au sommet (*fig.* 1). Mais si l'on déplace

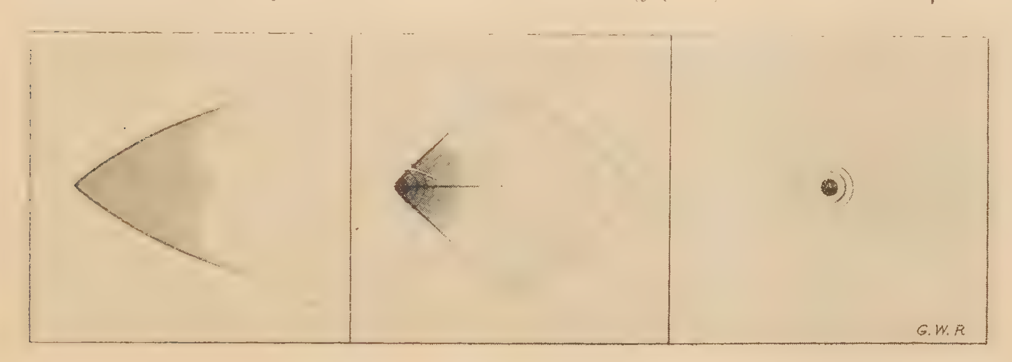


Fig. 1. — Image newtonienne dans le champ ordinaire plan.

Fig. 2. — Image newtonienne dans le champ concave hyperboloïdal.

Fig. 3. — Image Ritchey-Chrétien dans le champ concave sphérique.

Comparaison, en laboratoire, d'images stellaires à 15′ de l'axe ou centre du champ.

l'oculaire graduellement en avant, on voit que la lumière se concentre de plus en plus vers le sommet, jusqu'à ce qu'on atteigne le foyer de concentration maxima (*fig.* 2). Le champ ou lieu géométrique de ces images à concentration maxima est une surface approximativement hyperboloïdale, concave vers la lumière incidente. Si l'on compare les images extra-axiales dans ce meilleur champ courbe avec celles du champ plan dont on se sert actuellement à l'exclusion de tout autre, le gain en concentration en faveur des premières est au moins quadruple, l'aire de concentration étant d'un quart.

Dans un télescope newtonien des dimensions sus-mentionnées, et pour un champ de 2° de diamètre, la plaque photographique concave à surface sphérique répondant le mieux au champ hyperboloïdal susmentionné a un rayon de courbure d'environ $1^{m},640$. De même, pour des champs de 1° et de 30′ de diamètre, les rayons de courbure correspondants de plaques plus petites, taillées sphériquement, sont respectivement de $0^{m},970$ et $0^{m},610$. La figure 1 montre l'aspect de l'image du champ plan à 15′ de l'axe;

sa longueur totale est de 3″,5, la longueur de sa partie lumineuse, la seule efficace en photographie, étant de 1″,75. La figure 2 nous montre l'aspect de l'image correspondante sur le meilleur champ concave; la longueur approximative de sa partie brillante, ou photographiquement efficace, est de 0″,87.

Images et champ du télescope Ritchey-Chrétien. — Les données ci-dessous sont celles qui ont été observées lors des essais optiques du nouveau type de télescope de $0^m,505$ d'ouverture et de $3^m,45$ de longueur focale. Le grand miroir concave de cet instrument a un rapport focal de 1 à 3,25; le petit miroir convexe agrandit 2,1 fois, le rapport focal équivalent étant de 1 à 6,825, et le foyer de la combinaison optique se trouvant à un point qui est éloigné de $0^m,160$ derrière le sommet du grand miroir concave.

Le champ ou lieu géométrique des images de concentration maxima est sphérique, concave vers la lumière incidente, son rayon de courbure étant de $0^m,600$. Dans ce champ courbe, les images à des distances de 2′,5, 5′, 7′,5 et 10′ de l'axe, se voient chacune sous l'aspect d'un disque normal et brillant de diffraction, d'environ 0″,27 de diamètre, entouré de ses anneaux. Ce qui est très remarquable, c'est que chacune des images à 12′,5, 15′, 17′,5 et 20′ de l'axe continue à paraître comme un disque brillant de diffraction d'environ 0″,27, avec ses anneaux. Mais, dans ces dernières images, les anneaux deviennent progressivement un peu plus lumineux. Ceci est dû à la présence de la figure d'aberration, très petite, très faible et symétrique, laquelle, à 20′ de l'axe, sous-tend 0″,9. Ce n'est qu'en s'écartant jusqu'à 22′ de l'axe que l'on aperçoit une altération nette des images par la figure de l'aberration. A des distances plus grandes de l'axe, la forme et la grandeur des images sont déterminées surtout par celles de la figure d'aberration. En champ courbe, cette forme est toujours approximativement octogonale, et les dimensions des images varient comme le carré de la distance à l'axe : à 30′, 45′ et 60′ de l'axe, leurs diamètres approximatifs sont de 2″,0, 4″,5 et 8″,0 respectivement. La figure 3 montre l'aspect de l'image en champ courbe à 15′ de l'axe; le diamètre du disque central est d'environ 0″,27 et l'échelle est la même que pour les figures 1 et 2.

Les plaques photographiques concaves ne sont pas irréalisables : j'en ai déjà construit et utilisé avec succès sur le ciel.

OPTIQUE. — *Rôle des vibrations des atomes dans les molécules dans le phénomène de la diffusion de la lumière.* Note (1) de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Brillouin.

On sait que le phénomène de la diffusion de la lumière est dû aux fluctuations du moment électrique des petits éléments de volume diffusant, et

(1) Séance du 7 novembre 1927.

que l'intensité diffusée est proportionnelle au carré moyen de ces fluctuations. Celles-ci peuvent provenir de différentes causes. On a envisagé jusqu'ici les fluctuations en densité, ou en concentration dans le cas d'un mélange, nécessaires pour expliquer les phénomènes d'opalescence, et les fluctuations en orientation de molécules anisotropes, indispensables pour rendre compte de l'état de polarisation de la lumière diffusée. J'ai moi-même indiqué dans diverses publications qu'il fallait aussi tenir compte des fluctuations en température, dans la mesure où l'indice en dépend, et des fluctuations du champ intermoléculaire, ou champ créé sur une molécule par les doublets excités dans les molécules environnantes. On ne semble pas avoir envisagé jusqu'ici une autre cause de fluctuation de l'indice de réfraction qui pourtant semble importante :

Considérons une molécule formée, d'après les conceptions modernes telles que celles de Sir W. Bragg, d'un certain nombre d'ions isotropes. Dans un champ électrique, chaque ion devient le siège d'un doublet proportionnel, qui à son tour envoie sur les autres ions de la molécule un champ excitant en chacun d'eux un doublet secondaire qui en général n'est pas parallèle au champ incident : on explique ainsi et l'on calcule simultanément la valeur de l'anisotropie δ et du moment électrique moyen $K = \frac{A + B + C}{3}$ de la molécule (A, B, C étant les trois moments principaux).

On conçoit donc que δ et K vont dépendre des diverses distances r_{ij} des ions i et j dans la molécule, i et j étant des numéros d'ordre. Mais il ne semble pas qu'on puisse considérer ces distances r_{ij} comme constantes en général; elles sont plutôt sujettes à des oscillations continuelles, d'où résultent, pour un certain élément de volume, les nouvelles fluctuations d'indice dont nous parlions. Si on les calcule, on trouve que, en ce qui concerne δ, dans toutes les théories où intervient δ^2 (effet Kerr, diffusion de la lumière, etc.), il faut simplement remplacer δ^2 dans les anciennes théories où l'on suppose δ constant par la valeur moyenne $\overline{\delta^2}$: au point de vue formel, rien n'est changé.

En ce qui concerne K, on a au contraire, dans la théorie de la diffusion de la lumière, une nouvelle espèce de diffusion, complètement polarisée à angle droit du faisceau incident, et donnée en lumière incidente naturelle par l'expression

$$\frac{i}{E} = \frac{\pi^2}{2\lambda^4\nu}(n^2 - 1)^2 \overline{\left(\frac{\Delta K}{K}\right)^2};$$

E est l'éclairement incident, i l'intensité diffusée par 1^{cm^3}, ν le nombre de

molécules par unité de volume. On trouve simultanément que

$$\overline{\left(\frac{\Delta K}{K}\right)^2} = A\,\delta^4\,\overline{\left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2},$$

A étant un coefficient numérique dépendant de la structure de la molécule, r est une certaine combinaison linéaire des r_{ij}.

On observera que notre nouvelle diffusion est négligeable dans deux cas :

a. La molécule n'a pas d'oscillations atomiques; alors $\Delta r = 0$; c'est par exemple le cas de l'eau, d'après ce que nous apprend sa chaleur spécifique à l'état de vapeur.

b. La molécule a une anisotropie δ très faible, c'est le cas de l'éther : δ^4 est alors insignifiant.

Dans ces deux cas, on doit donc trouver un bon accord de la théorie et de l'expérience sans introduire aucun terme nouveau : c'est effectivement ce qui a lieu.

Dans la série aromatique, au contraire, l'anisotropie δ est importante; notre terme nouveau n'est pas négligeable : on trouve qu'il peut aller jusqu'au quart du terme provenant des fluctuations en densité. La diffusion de la lumière se trouve donc fournir des renseignements précieux sur les mouvements intraatomiques des atomes dans les molécules : nous les discuterons dans un travail plus étendu.

OPTIQUE. — *Production de lumière par frottement du diamant sur le verre.*

Note de M. **G. Labussière**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai eu l'occasion d'observer des voiles singuliers au voisinage de la cassure sur des plaques photographiques qui n'avaient pas été tranchées du premier coup de diamant. J'ai pu les reproduire avec ou sans rayure du verre en utilisant un diamant émoussé; après développement, on obtient des bandes nettement limitées, non dégradées. Ce résultat s'explique facilement en admettant que l'impression est due à une émission lumineuse produite à l'extérieur de la plaque, lumière qui ne peut pénétrer dans le verre que sous un angle de réfraction inférieur à l'angle limite. J'ai pu vérifier que la largeur de la bande impressionnée était proportionnelle à l'épaisseur du verre, et qu'elle était égale à cette épaisseur multipliée par le double de la tangente de l'angle limite.

En faisant l'expérience dans l'obscurité on peut voir une lueur paraissant

diffuse; c'est donc bien un phénomène lumineux qui produit l'image latente, mais son enregistrement prouve qu'il est très peu étendu dans l'espace et se produit en dehors du verre.

La lumière doit avoir son origine dans des décharges entre quantités d'électricité formées par frottement à la surface d'un corps mauvais conducteur. En effet, l'intensité est réduite (jusqu'à s'annuler) par l'humidité ou par le ralentissement du mouvement, et les expériences ont montré que pour obtenir une lueur visible il fallait frotter avec un corps mauvais conducteur et autre que le verre (le silex, par exemple, réussit).

Dans ce dernier cas, malgré que l'aspect visuel ne soit pas différent de celui observé avec le diamant, l'impression photographique est nulle ou extrêmement faible, même sur émulsion orthochromatique; il s'agit donc d'une différence d'intensité; on peut supposer qu'elle est en relation avec la variété des tensions de contact.

On conçoit qu'il y a intérêt pratique à connaître l'existence du voile photographique signalé ci-dessus.

ATOMISTIQUE. — *Mesure absolue de l'énergie lumineuse émise par un gaz soumis aux chocs d'électrons.* Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans des Notes antérieures (¹), j'ai exposé une méthode permettant de déterminer en valeur relative l'intensité d'une raie spectrale en fonction du potentiel des électrons excitant la luminescence, et j'ai communiqué les résultats obtenus pour la radiation de résonance 2536 du mercure.

Il était intéressant de mesurer en valeur absolue l'énergie émise, d'évaluer le nombre des chocs entre électrons et atomes et, en comparant ces grandeurs, d'acquérir des données sur la probabilité d'émission du quantum lors d'un impact.

1° *Mesure de l'énergie rayonnée.* — Aucun étalon absolu de rayonnement monochromatique ultraviolet n'étant encore réalisé, j'ai dû utiliser comme source de comparaison un solide porté à une température suffisamment élevée pour que l'intensité des radiations émises dans une étroite bande spectrale comprenant la radiation étudiée soit de l'ordre de grandeur de l'intensité de la radiation de la vapeur luminescente.

Les importants travaux de Worthing et Forsythe (²) sur les propriétés du

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 707, 846.

(²) Mémoire traduit en français dans *Rev. Gén. d'Électr.*, 20, 1926, p. 303.

tungstène à haute température fournissent des données suffisamment précises sur la résistivité et le pouvoir émissif de ce corps pour que l'on puisse déterminer la répartition de l'énergie dans son spectre continu à partir de la variation de sa résistance électrique. Il est donc possible, en enregistrant sur une même plaque le rayonnement de la vapeur et celui d'un filament porté à des températures connues, de comparer ceux-ci par les procédés densitométriques habituels, en tenant compte naturellement de la répartition différente des flux lumineux.

L'intensité des radiations bleues, violettes et ultraviolettes émises par le filament étant considérablement plus grande que celle du rayonnement étudié, il est nécessaire, pour éviter de voiler la plaque, de ne laisser pénétrer dans le spectrographe que les radiations de longueur d'onde voisine de celle que l'on veut étudier. Cette condition est réalisée très simplement en éclairant la fente de l'instrument par un petit spectroscope constitué par un collimateur et un prisme-objectif.

La température du filament est facile à déterminer lorsque l'on connaît l'intensité du courant qui le traverse et la différence de potentiel entre deux de ses points.

Le résultat des mesures est le suivant :

Dans la vapeur saturante de mercure à 17° C. ($4{,}72.10^{13}$ atomes par centimètre cube) un faisceau d'électrons de potentiel 6,5 volts (correspondant au maximum de la fonction d'excitation) et d'intensité égale à 60.10^{-6} A : cm² excite la radiation 2536 avec une énergie égale à $23 \frac{\text{ergs}}{\text{sec-cm}^3}$. Par suite d'incertitudes provenant de l'évaluation difficile du volume du gaz luminescent et de la variation de transparence de la fenêtre de visée, ce résultat ne doit être considéré que comme une première approximation.

2° *Évaluation du nombre de chocs.* — J'ai calculé, dans l'hypothèse d'une force radiale répulsive s'exerçant entre l'électron et l'atome neutre, le rayon de choc de l'atome, c'est-à-dire le rayon de la sphère à l'intérieur de laquelle passent toutes les tangentes à l'infini aux trajectoires des électrons produisant un impact. Pour le maximum de la fonction d'excitation, cette quantité est égale à la moitié du rayon de l'orbite électronique externe.

En admettant que ce dernier est égal au rayon de l'atome de mercure calculé par Van Laar [1] à partir du coefficient b de l'équation de Van der Waals, soit $1{,}5.10^{-8}$ cm, on trouve pour rayon de choc $0{,}75.10^{-8}$ cm,

---

(1) *Zeits. f. anorg. Chemie*, 104, 1918, p. 81.

valeur qui concorde remarquablement avec celle déduite par Fermi (¹) de considérations théoriques entièrement différentes ($0,8.10^{-8}$ cm).

La densité électronique étant connue, il est facile de calculer le nombre de chocs par seconde et par centimètre cube; celui-ci est égal à $3,1.10^{12}$.

3° *Probabilité d'émission d'un quantum.* — Le quantum de la radiation de résonance étant égal à $7,75.10^{-12}$ erg, le nombre de quanta émis par seconde et par centimètre cube du gaz luminescent est de $3,0.10^{12}$. Le rapport de ce nombre au nombre de chocs est 0,97. Il est intéressant de rapprocher ce résultat de celui de Sponer (²) qui, étudiant la diffusion des électrons dans la vapeur de mercure, a conclu que la proportion de chocs inélastiques entre atomes et électrons de potentiel égal à 6,9 volts était de 92 pour 100.

La précision des mesures n'est pas suffisante pour que l'on puisse considérer le résultat obtenu comme définitif, mais il est certain que la probabilité d'émission d'un quantum à la suite d'un choc est élevée. Il paraît actuellement *très probable* que, dans les conditions correspondant au maximum de la fonction d'excitation, *tous les chocs sont efficaces* pour la production du rayonnement.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Cellule photo-électrique pour la mesure du rayonnement ultraviolet moyen.* Note de MM. **L. Mallet** et **R. Cliquet**, présentée par M. Ch. Fabry.

En vue de déterminer l'intensité des sources artificielles (arcs, étincelles, décharges dans les gaz) dans le domaine de l'ultraviolet moyen, nous avons utilisé l'effet photo-électrique. On sait que l'émission électronique des métaux exposés aux rayons lumineux n'apparaît, pour chaque métal, que pour les longueurs d'onde inférieures à une certaine limite. Il est possible alors d'étudier une région particulière du rayonnement sans recourir à la dispersion spectrale.

On connaît depuis longtemps la sensibilité des métaux tels que le zinc, le cuivre, le mercure aux radiations ultraviolettes, mais ce sont surtout les métaux alcalins : lithium, potassium, sodium, rubidium qui ont été étudiés à cause de leur sensibilité photo-électrique dans le spectre visible. La cellule à l'hydrure de potassium, qui est actuellement entrée dans la pratique cou-

(¹) *Zeits. f. Phys.*, 29, 1924, p. 315.
(²) *Zeits. f. Phys.*, 7, 1921, p. 185.

rante, ne peut servir pour la mesure de l'ultraviolet moyen, sa sensibilité ayant son maximum pour 4500 Å et tendant à devenir nulle au-dessous de 3600 Å (M. Khan Hessaby) (¹).

Zilard cependant a construit une cellule au cadmium à sensibilité sélective entre 3900 et 2950 Å, comprenant par conséquent le domaine de l'ultraviolet solaire.

Après essai de plusieurs métaux, nous avons fixé notre choix sur l'alliage *cadmium-argent* qui nous a paru avoir la sensibilité la plus étendue dans le spectre ultraviolet moyen. L'émission photo-électrique d'un tel alliage a son seuil, dans les conditions de construction de notre cellule, pour une longueur d'onde limite un peu supérieure à 2900 Å.

Notre cellule photo-électrique comprend une cathode constituée par un petit disque argent-cadmium d'un diamètre de 1^{cm} placé au centre d'une ampoule de quartz fondu; la surface de l'alliage est mate. L'anode est formée par un anneau de tungstène placé au-dessus de la cathode. Après extraction très complète des gaz retenus par les parois et les électrodes, le tube de quartz a été fermé sous une légère pression d'argon afin d'augmenter le courant électronique par une ionisation secondaire par chocs.

La cellule est placée dans un cylindre de laiton pourvu d'une fenêtre munie d'un diaphragme iris. L'anode est en relation avec la terre. La cathode est reliée au support de feuille d'un électroscope.

Le courant d'ionisation développé sous l'influence du rayonnement est observé par la méthode de la perte de charge. La feuille de l'électroscope est repérée à l'aide d'un microscope dont l'oculaire est pourvu d'une échelle micrométrique. Avant la mesure on charge la feuille de l'électroscope au moyen d'un petit condensateur, alimenté par 20 petits éléments de piles, dont on fait varier la capacité. On peut également la charger à l'aide d'une batterie de 300 volts.

La sensibilité de l'appareil peut être diminuée en augmentant la capacité de l'électroscope. On mesure, au moyen d'un compte-secondes, le temps de chute de la feuille de l'électroscope entre deux divisions arbitrairement choisies sur l'échelle micrométrique. Ce temps peut être rapporté à celui fourni par une source étalon dans des conditions déterminées; on est ainsi renseigné sur la quantité de rayonnement émis pendant le temps correspondant.

(¹) *Thèse de l'Université de Paris*, 1927, p. 47.

La cellule s'est montrée exempte d'inertie et de fatigue photo-électrique, en sorte que les mesures faites à intervalles de temps sont comparables : de plus, elle ne présente pas de courant d'obscurité. Il n'apparaît pas d'effet sélectif pour une direction privilégiée.

Exposée à la lumière du jour, la cellule reste parfaitement insensible, de même qu'en présence des sources lumineuses enveloppées de verre, mais elle se montre sensible aux sources émettant des ultraviolets moyens. Exposée au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure fonctionnant sous 3 ampères, elle manifeste à une distance de 14^m un courant très notable. Avec les sources puissantes et une courte distance, pour ne pas avoir une chute trop rapide, on doit diaphragmer ou recueillir le rayonnement à l'aide d'une tige localisatrice en quartz adaptable à la fenêtre. L'interposition d'une plaque de verre ordinaire fait cesser instantanément l'effet photo-électrique.

L'insensibilité au rayonnement solaire montrait déjà que la longueur d'onde limite devait être dans l'ultraviolet moyen. L'analyse spectrale nous a permis de le confirmer. Employant comme source l'arc au mercure, à l'aide du spectrographe Secretan à prismes de quartz, nous avons pu avec M. Lucien Roux, à l'Institut d'Optique, étudier la sensibilité photo-électrique de notre cellule pour un certain nombre de raies. La sensibilité de la cellule se manifeste nettement à partir de 2900 Å, elle présente dans le spectre du mercure un maximum pour 2536 Å, puis décroît ensuite.

D'autre part, si l'on interpose sur le trajet du faisceau global un filtre de verre transparent jusqu'aux environs de 2700 Å, on constate un effet photo-électrique très net.

Ce type d'appareil se prête à l'étude comparée des diverses sources émettant l'ultraviolet moyen, ainsi qu'à la recherche des variations de l'intensité lumineuse suivant le régime auxquelles ces sources sont soumises. Il permet d'étudier la répartition du rayonnement dans l'espace suivant la distance, les dimensions et la forme des sources, ainsi que le pouvoir réflecteur des métaux. Son emploi est aussi indiqué en photobiologie pour la mesure des intensités reçues ou transmises.

PHYSIQUE. — *Phénomènes optiques présentés par le quartz mis en vibration piézo-électrique*. Note de MM. **R. Moens** et **J.-E. Verschaffelt.**

En observant les phénomènes optiques présentés par des quartz mis en vibration piézo-électrique, nous avons pu mettre en évidence des effets en partie prévus, en partie inattendus.

Le parallélépipède de quartz qui servit principalement à nos expériences avait pour dimensions :

a. Dans le sens de l'axe électrique : 8^{mm};

b. Dans le sens de l'axe optique : 12^{mm};

c. Dans la direction normale à ces deux : 34^{mm}.

Il était mis en vibration en l'introduisant entre deux électrodes reliées au circuit oscillant de plaque d'une triode d'émission (voltage de plaque 400 volts). La fréquence de cet oscillateur variait très progressivement et pouvait être rendue égale à la fréquence propre correspondant à la dimension de 8^{mm} (fréquence 450000 environ).

Le quartz était placé entre deux nicols et la lumière qui le traversait était analysée au spectroscope.

Observations faites dans le sens de l'un des axes électriques (*dimension de* 8^{mm}). — Nous avons employé d'abord la lumière blanche d'une lampe à incandescence. La lame était placée entre deux nicols croisés, on observait au spectroscope un spectre cannelé à franges trop larges (40 Å environ) pour donner un effet quand la lame était mise en vibration. Mais en substituant à la lumière blanche celle d'un arc au Hg, il se fit que la raie bleue de ce spectre se trouvait à la limite d'une frange noire, de sorte que, quand le quartz était excité, on pouvait voir un changement d'intensité de cette raie. L'effet fut plus frappant avec l'arc au fer : en excitant et désexcitant alternativement le quartz on vit alors apparaître ou disparaître un grand nombre des raies. Ce phénomène est bien d'accord avec les observations de Tawil (*Comptes rendus* du 5 décembre 1926) dont nous avons eu connaissance au cours de ce travail et que nous avons pu confirmer.

Observations faites dans le sens perpendiculaire aux axes électrique et optique (*dimension de* 34^{mm}). — Dans ce cas le spectre cannelé donné par la lumière blanche était à franges très fines et très nombreuses (distantes de quelques angströms seulement). Dès que le quartz entrait en résonance, les franges s'élargissaient au point même de disparaître complètement, de

sorte que le spectre devenait continu. Nous avons fait la même expérience en employant la lumière d'une flamme au sodium. On peut alors faire en sorte qu'une des raies D_1 ou D_2 soit cachée par une frange noire, de sorte qu'on ne la voie pas, le quartz étant au repos; mais dès que le quartz est excité, les deux raies reviennent avec des intensités sensiblement égales.

Observations dans le sens de l'axe optique. — Dans cette direction nous observions dans le spectre continu une bande noire, due à la polarisation rotatoire et correspondant à la lumière qui est éteinte pour l'orientation spéciale qu'on a donnée à l'analyseur par rapport au polariseur. En tournant l'analyseur nous amenions cette bande dans une partie du spectre facilement observable, puis nous établissions le champ électrique alternatif. Au moment de la résonance, la bande noire se déplaçait nettement vers le rouge, tout en s'affaiblissant. La grandeur de ce déplacement est considérable : partant du vert, la bande peut atteindre et dépasser la région jaune du spectre. Le déplacement se produit d'ailleurs pour toute orientation des nicols et quelle que soit la situation de la bande dans le spectre; sa grandeur est à peu près la même partout. On peut modifier progressivement le déplacement en variant l'intensité de l'excitation piézo-électrique, soit en diminuant la température du filament, soit en diminuant la tension de plaque de la lampe oscillante. Pour de faibles puissances d'excitation, la bande semble se rétrécir du côté du violet, le bord rouge restant immobile. Ce n'est que pour des vibrations assez intenses que toute la bande se déplace nettement. Elle devient en même temps plus pâle. Tout comme dans les expériences décrites plus haut, le phénomène optique permet de localiser avec précision la résonance piézo-électrique.

Le déplacement de la bande noire semble indiquer un changement dans le pouvoir rotatoire et notamment une augmentation de ce pouvoir, car on peut ramener la bande dans sa position primitive en faisant tourner l'analyseur dans le sens du pouvoir rotatoire. Quant à l'éclaircissement que montre la bande dans son déplacement, il nous semble résulter simplement d'une biréfringence accidentelle de même nature et de même ordre, sans doute, que la variation de biréfringence observée dans les directions perpendiculaires à l'axe optique.

Deux choses nous étonnent dans ce phénomène : d'abord la grandeur de l'effet (la variation de la rotation comporte plusieurs dizaines de degrés), ensuite le fait que la variation de la rotation du plan de polarisation s'effectue dans un sens déterminé, alors qu'on s'attendrait plutôt à voir cette variation changer de signe avec le sens de la déformation. D'ailleurs elle

n'est pas l'effet d'une déformation élastique, car en comprimant dans un sens perpendiculaire à l'axe optique une lame de quartz normale à l'axe, nous n'avons rien vu d'un changement dans la rotation du plan de polarisation : la bande noire s'éclaircissait, mais sans changer de place. Et nous n'avons rien pu constater non plus d'un changement dans la rotation en plaçant la lame dans un champ électrique intense, ce qui peut être rapproché de l'observation faite par M. Ny Tsi Ze ([1]) que dans un champ électrique le quartz ne change presque pas de dimension dans le sens de cet axe.

Nous avons fait encore l'observation dans le sens de l'axe optique en employant une lumière quasi monochromatique (lumière de sodium) et en regardant la lame, disposée comme précédemment, à travers une lunette ou par vision directe. L'extinction étant obtenue par une rotation convenable de l'analyseur, on voit le champ s'éclaircir dès que le quartz entre en vibration.

Dans toutes les expériences l'effet optique paraît instantané. Nous tenons à signaler l'application possible de ces phénomènes au problème de la télévision.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de l'acide phosphorique sur le calcaire en présence d'argile et de matières pulvérulentes.* Note ([2]) de M. **René Dubrisay** et Mlle **Florence Desbrousses**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'acide phosphorique répandu sur les sols agricoles (spécialement sous forme de superphosphate) réagit sur le carbonate de calcium en se transformant en phosphate insoluble, ce qui explique sa fixation par la terre végétale. Mais Schlœsing a montré d'autre part que les phosphates de chaux se dissolvaient dans les eaux chargées d'acide carbonique, si bien qu'une partie de l'acide phosphorique peut échapper à la fixation en passant dans les eaux de drainage. On peut donc se demander si la présence des matières pulvérulentes, et spécialement de l'argile, ne provoque pas des perturbations analogues à celles que l'un de nous a observées dans un cas semblable ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1645.

([2]) Séance du 7 novembre 1927.

([3]) René Dubrisay et Bravard, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 385 et suiv.

Nous avons, en conséquence, procédé aux essais suivants : 1g de carbonate de chaux était mis en présence de 100cm³ de solutions à titres connus et progressivement croissant d'acide phosphorique, soit en présence, soit en l'absence de kaolin. Le tout était agité mécaniquement pendant plusieurs heures, puis on filtrait le liquide et l'on en mesurait la conductibilité électrique. Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau I.

Tableau I.

Nombre de cm³ d'acide phosphorique normal dans 100cm³ de solution.	Conductibilité en unités conventionnelles. Solution en contact de carbonate seul.	Solution en contact de carbone et de 10g de kaolin.
0	1	3
2	17	34
4	21	69
6	27	98
8	76	133
10 (1)	126	153

L'addition d'argile provoque donc un accroîssement notable de la conductibilité, et par suite de la proportion de matières restant en solution. Nous avons cherché à déterminer la quantité d'acide phosphorique dissous, et, dans ce but, nous avons tout d'abord procédé à des dosages volumétriques au moyen d'une solution titrée d'azotate d'urane à 40g par litre (2). Les résultats obtenus ont été consignés dans le Tableau II, où sont indiqués dans la première colonne la nature des matières solides, dans les colonnes suivantes le nombre de centimètres cubes de liqueur d'urane nécessaires pour précipiter complètement l'acide phosphorique dissous dans 20cm³ de solution.

Tableau II.

(Les chiffres portés en tête des six dernières colonnes indiquent le nombre de centimètres cubes de solution d'acide phosphorique normal contenus dans 100cm³ de la solution mise en contact des matières solides désignées dans la première colonne.)

	2.	4.	5.	6.	7.	8.
1g de carbonate seul	»	»	3,9	10,5	13,0	20,1
1g de carbonate et 1g de silice (3)	»	»	17,6	»	20,7	21,7
1g de carbonate et 10g de kaolin	8,7	16,7	21,2	24,5	27,0	30,7

(1) Quantité d'acide phosphorique correspondant à la transformation complète du calcaire en phosphate monocalcique.

(2) Méthode de Grandeau (*Traité d'analyse des matières agricoles*, 1, Paris 1897, p. 350).

(3) Silice obtenue par hydrolyse du fluorure.

Nous avons contrôlé ces résultats en dosant pondéralement l'acide phosphorique et la chaux dissous dans la liqueur obtenue en agitant 100^{cm^3} d'une solution contenant 8^{cm^3} d'acide phosphorique normal après contact avec 1^g de carbonate de chaux seul ou additionné de 10^g de kaolin. Nous avons ainsi trouvé dans le cas du carbonate seul $0^g,670$ de P^2O^5 et $0^g,251$ de chaux pour 100^{cm^3} de liquide, et dans le cas de carbonate additionné de kaolin 0,965 de P^2O^5 et 0,311 de chaux.

A la vérité, on peut adresser une critique à ces expériences : l'acide carbonique produit au moment de l'attaque du calcaire se dégageant dans des conditions qui peuvent varier, la composition de la liqueur risque de subir des changements mal définis. De fait, on observe la formation de précipités lorsque la solution filtrée est abandonnée à l'air pendant 24 heures. Nous avons alors procédé à l'essai suivant : 1^g de carbonate de chaux était mis dans un flacon tubulé au contact de 100^{cm^3} d'une solution contenant 6^{cm^3} d'acide phosphorique normal ; le tout était agité par barbotage d'acide carbonique, et l'on filtrait dans une atmosphère de ce gaz. La même expérience était répétée avec du carbonate additionné de 10^g de kaolin, On a dans ces conditions trouvé $0^g,380$ de P^2O^5 pour 100^{cm^3} de liqueur dans le cas du carbonate seul, et 0,716 dans le cas du carbonate additionné de kaolin.

Il apparaît donc que la fixation de l'acide phosphorique est entravée par la présence des matières absorbantes, et spécialement de l'argile. Cette action se manifeste même lorsque la proportion de calcaire est assez grande pour transformer tout l'acide en phosphate insoluble. Nous espérons pouvoir compléter ces résultats et proposer une interprétation du mécanisme du phénomène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le potentiel apparent des solutions de glucose.* Note [1] de M. **René Wurmser**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons déjà indiqué [2] avec E. Aubel et L. Genevois l'intérêt que présente en biologie la détermination des potentiels apparents des glucides réducteurs. Si les derniers stades de l'oxydation de ces corps sont imputables à une activation de l'oxygène, il semble bien qu'au moins les premiers

---

[1] Séance du 7 novembre 1927.

[2] E. Aubel, L Genevois et R. Wurmser, *Sur le potentiel apparent des solutions de glucides réducteurs* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 407).

stades se font par une déhydrogénation au sens de Wieland et que ce sont eux qui permettent dans les cellules la réalisation des synthèses. Or c'est au cours de ces premiers stades qu'est également libéré l'hydrogène qui charge les électrodes de métal. Dans le cas du lévulose la mesure électrométrique donne une valeur très voisine de celle obtenue d'après la nature des colorants réduits ou non par le lévulose. Il était nécessaire de reprendre ces déterminations pour chaque glucide afin de préciser les valeurs des potentiels et les divers facteurs susceptibles de les modifier. La présente Note résume les résultats obtenus dans le cas du glucose.

Dans des solutions de glucose à 3 pour 100 en milieu tamponné, on plonge des électrodes de platine ou d'or à raison de 2 électrodes par récipient. Les solutions sont maintenues à l'abri de l'air et communiquent par un siphon capillaire avec un vase contenant une solution de KCl saturée dans laquelle plonge une électrode Hg^2Cl^2, KCL saturée. Le thermostat est réglé à $40^o \pm 0,05$. Les écarts entre les électrodes sont inférieurs aux erreurs de mesure.

1° Les électrodes de platine et d'or donnent le même potentiel à la précision des mesures, soit à $0^v,002$ près ;

2° La nature du tampon intervient sur la vitesse d'établissement du potentiel et aussi sur sa valeur. Les résultats ci-dessous sont tous relatifs à des mélanges de phosphates M/10 ;

3° La vitesse d'établissement du potentiel et sa valeur dépendent de la concentration en ions OH. Du pH 8,2, où le potentiel ne s'établit qu'en 2 mois, au pH 9,75 où il s'établit en 2 jours, la courbe représentant l'établissement du potentiel en fonction du temps est très régulière. La valeur finale E_H par rapport à l'électrode d'hydrogène normale est

$$E_H = 0^v,498 - 0,086\,\text{pH} \pm 0,002.$$

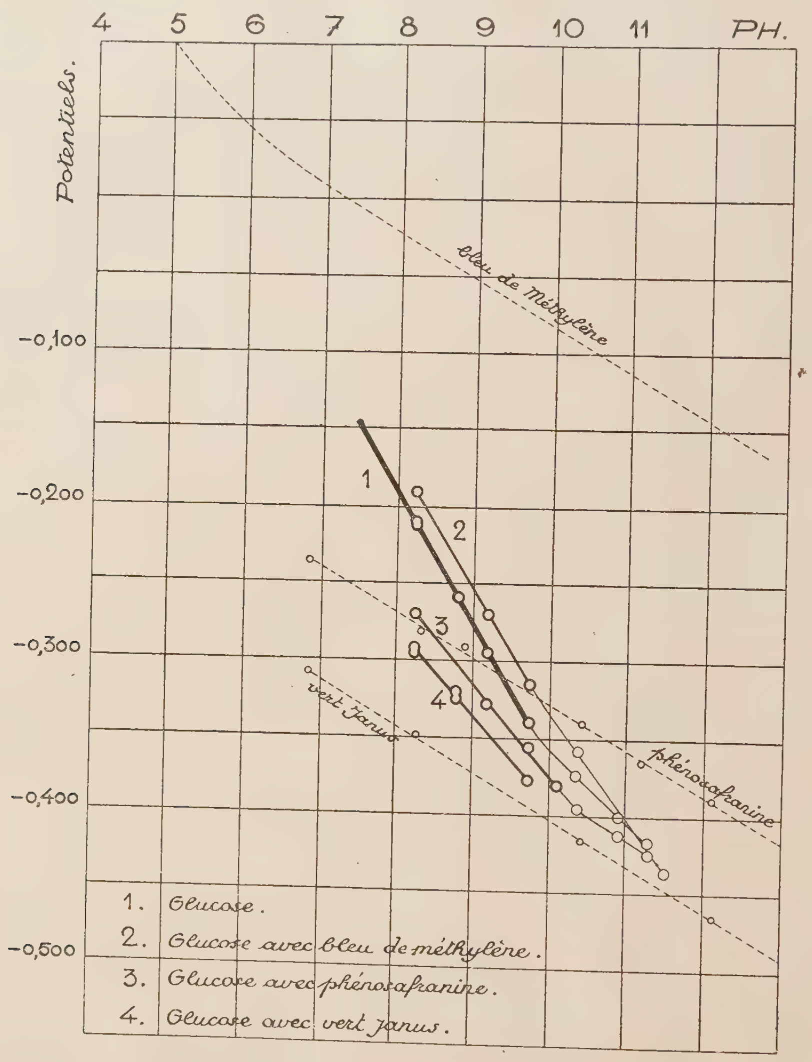
Au pH 7,5, on a par extrapolation $E_H = -0^v,147$, soit une valeur très voisine de celle trouvée précédemment pour le lévulose ;

4° En présence de colorants réductibles, à la concentration de 2.10^{-3} gr pour 100, les potentiels du mélange tampon + glucose + colorant sont donnés par les relations :

Avec bleu de méthylène..........................	$E_H = 0^v,485 - 0,082$ pH
Avec phénosafranine..........................	$E_H = 0^v,216 - 0,059$ pH
Avec vert Janus..........................	$E_H = 0^v,159 - 0,055$ pH

Or la figure ci-après qui indique les potentiels normaux de ces colorants

en fonction du pH montre que le bleu de méthylène [1] est entièrement sous la forme réduite aux potentiels correspondant à ceux du glucose pur, que



la phénosafranine est partiellement oxydée et que le vert Janus l'est plus encore. Les formes oxydées des colorants abaissent donc le potentiel du mélange, tandis que la forme réduite tend à l'élever.

---

(1) La courbe relative au bleu de méthylène est extraite du travail de Mansfield Clark : *Studies on Oxydation-reduction* (*Public Health Reports*. Washington, n° 1017, 1925, p. 23).

Aux pH supérieurs à 10 les potentiels limites sont moins constants. Ces potentiels sont en effet réglés par la vitesse avec laquelle le glucose libère de l'hydrogène. L'accroissement d'alcalinité donne naissance soit à des réactions nouvelles qui utilisent partiellement cet hydrogène, soit même à un clivage initial de la molécule différent du clivage qui se produit au voisinage de la neutralité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le traitement des pièces en alliages ferreux dans des solutions de phosphates complexes, en vue de leur protection contre la corrosion.* Note de M. **Jean Cournot**, présentée par M. Léon Guillet.

Poursuivant mes recherches sur les protections contre la corrosion, j'ai entrepris l'étude du traitement des alliages ferreux dans les solutions de phosphates complexes, et de l'effet de cette opération sur la résistance à des attaques diverses.

La méthode consiste à traiter le fer, la fonte ou l'acier, dans des bains acides bouillants renfermant 3 à 4 pour 100 de phosphates de fer et de manganèse préparés à partir de l'acide orthophosphorique; lorsque les pièces, préalablement décapées, sont immergées dans ces solutions, il se produit une attaque superficielle avec dégagement d'hydrogène et production d'un phosphate de fer secondaire lequel atteint rapidement la limite de saturation; l'attaque s'arrête alors et il se produit sur le métal un dépôt des phosphates complexes en excès; le recouvrement obtenu, d'une couleur gris noir, est extrêmement adhérent puisqu'il se dépose sur un métal légèrement gravé par l'attaque antérieure : il est de plus très résistant à la corrosion atmosphérique normale; il constitue enfin, de par sa nature même, une base d'accrochage remarquable pour des finitions (vernis cellulosiques, émaux, laques antiacides, etc.) appropriées aux genres de corrosions spéciales contre lesquels les pièces peuvent avoir à lutter.

Des titrages périodiques du bain règlent sa régénération par addition de phosphates; j'estime à environ 30^{g} cette consommation en sels complexes, par mètre carré de surface métallique traitée; j'ai d'autre part vérifié que, par ce traitement, les propriétés physiques ou mécaniques (sonorité, élasticité, aimantation, etc.) des pièces ne sont pas diminuées; la surépaisseur provoquée par le dépôt est presque négligeable, de l'ordre de 5 millièmes de millimètre. Mais il y a lieu de noter, au point de vue des applications industrielles possibles, que ce traitement n'amène aucun durcissement

superficiel comme la cémentation par l'azote ou par le carbone, qu'il n'entraîne pas une résistance à température élevée comme la cémentation par l'aluminium, et qu'enfin, il est seulement valable sur alliages ferreux (ce qui par contre permet d'effectuer si nécessaire des réserves sur ces alliages ferreux, par recouvrement préalable de cuivre comme dans la cémentation par le carbone).

Afin de préciser la valeur de la protection obtenue, j'ai effectué plusieurs séries d'essais de corrosion, comparativement à l'acier doux (métal de base des éprouvettes) nu sablé, au minium, au nickelage, à l'étamage, à la galvanisation à chaud, à la galvanisation électrolytique et à la shérardisation; les éprouvettes traitées par les phosphates avaient reçu une finition légère à l'huile de lin essorée. Les milieux corrosifs employés ont été : l'atmosphère normale, l'eau de conduite, l'eau de mer, l'eau chargée de gaz carbonique, l'eau aérée, la vapeur d'eau, des solutions ammoniacales à 1 pour 100, d'acide acétique à 5 pour 100, d'eau de Javel à 5 pour 100, de carbonate de sodium à 5 pour 100, de bicarbonate de sodium à 5 pour 100 et de bisulfite de sodium à 5 pour 100; dans les réactifs liquides, les éprouvettes étaient partiellement immergées seulement, de façon à faire intervenir l'action essentielle de l'air; j'ai observé journellement l'effet de la corrosion; d'autre part, j'ai déterminé les pertes de poids des éprouvettes et les quantités de fer passées dans les bacs après les trente-deux jours qu'ont duré les essais; le tableau ci-après donne quelques-uns des résultats numériques obtenus.

Tableau des variations de poids (en cg : dm²) *éprouvées pour différents genres de protection dans des réactifs divers.*

(Éprouvettes rectangulaires de 10×5^{cm} et de 75^{g} en moyenne; métal de base : acier doux; corrosions grattées avant pesée finale.)

	Atmosphère normale.	Eau de conduite.	Eau de mer.	Eau chargée de gaz carbonique.	Eau aérée.	Vapeur d'eau.	Solutions d'ammoniaque (1%).	Solutions d'acide acétique (5%).	Solutions d'eau de Javel (5%).	Solutions de carbonate de sodium (5%).	Solutions de bicarbonate de sodium (5%).
Acier de base nu	+13	−52	+44	−55	+ 3	+38	−47	−512	−124	+ 1	+ 8
Recouvr. phosphates	0	0	+ 1	0	+ 1	0	+ 1	− 80	− 4	− 4	− 3
» minium	0	− 2	−33	− 2	− 1	−68	− 4	−211	− 63	−12	−26
» nickelage	+ 3	−32	−27	−16	− 3	− 9	−25	−590	− 40	− 1	0
» étamage	+ 1	0	− 9	− 1	0	+ 1	0	− 78	0	−15	−16
» galvanisat.	+ 1	+11	+27	−32	+ 7	+ 7	− 1	−669	+ 3	+ 7	+36
» zinc. élect.	+ 1	+ 7	+23	−28	+ 6	+ 6	+ 2	−436	+ 5	+13	+32
» shérardisat.	+ 2	+15	+23	−28	+13	+13	+ 1	−690	0	+30	+43

Les résultats d'ensemble (¹) peuvent être résumés comme suit : les éprouvettes traitées aux phosphates ont montré une résistance au moins égale et souvent très supérieure aux autres modes de recouvrement dans l'air, l'eau de conduite, l'eau de mer, l'eau chargée de gaz carbonique, la vapeur d'eau, le vinaigre, les solutions d'eau de Javel, de carbonate, bicarbonate et bisulfite de sodium; dans l'eau aérée, les galvanisations à chaud et électrolytique, et dans l'eau ammoniacale, l'étamage, présentent une très légère supériorité.

J'ai essayé également la corrosion aux acides usuels; là, une finition spéciale est nécessaire pour obtenir l'immunité, sans quoi le recouvrement de phosphates, seul, s'abîme rapidement.

J'ai fait en outre les remarques suivantes : d'abord, lorsqu'une solution de continuité se révèle dans les recouvrements autres que celui de phosphates, la corrosion gagne rapidement tout autour en s'infiltrant sous la couche protectrice; avec le traitement aux phosphates, la propagation de l'attaque est par contre nettement freinée par suite de l'excellent « accrochage » de la couche; ensuite, dans les autres modes de protection, les régions attaquées les premières sont toujours les coins ou arêtes des éprouvettes, en raison soit des différences de contraction au refroidissement, aggravées parfois par les températures élevées du traitement, soit des tensions, afférant au genre de recouvrement; au contraire, sur les éprouvettes traitées aux phosphates, ces régions sont beaucoup moins vulnérables.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Conséquences analytiques du domaine de stabilité de la cryolithe.* Note (²) de M. **Travers**, présentée par M. Matignon.

Dans une précédente Note (³) nous avons étudié l'équilibre ionique :

$$\text{(1)} \qquad Al(OH)^5 + 6F \rightleftharpoons AlF^6 + 3OH.$$

Nous nous proposons aujourd'hui : 1° de montrer quelques applications intéressantes de cette réaction au point de vue qualitatif,

---

(¹) On sait que dans les essais de ce genre, de multiples causes d'erreur interviennent, et qu'il faut se faire une idée d'ensemble, d'après la totalité des résultats obtenus.

(²) Séance du 7 novembre 1927.

(³) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 893.

2° De discuter le problème de la séparation analytique de la *silice et du fluor en présence d'alumine.*

I. La mise en liberté d'ions OH par la réaction (1) peut être utilisée pour démontrer :

a. La dissociation du kaolin, par chauffage, en alumine et silice *libres*. Le kaolin mis en suspension dans l'eau donne une réaction négative, même après ébullition prolongée avec le fluorure de potassium. Au contraire, s'il a été préalablement chauffé à 400° (ou plus haut vers 600°), il donne une réaction positive nette, en même temps qu'on peut montrer sur un autre essai la présence de SiO^2 *libre*, en formant l'acide silico-molybdique jaune [1].

b. Pour déceler l'*alumine hydratée libre* dans certains calcaires argileux, comme les farines à ciment.

II. *Séparation de la silice et du fluor en présence d'alumine.* — Ce problème se pose dans l'analyse d'un certain nombre de roches : topaze, lépidolithe, amblygonite, et de produits artificiels, comme le ciment dentaire de Trey.

L'une des plus anciennes méthodes de séparation de la silice et du fluor est celle de Berzélius [2] : après fusion alcaline (KOH ou CO^3K^2) de la roche, et reprise par l'eau, on chauffe la solution avec du carbonate d'ammoniaque en grand excès : la silice précipite *presque* complètement sans entraîner de fluor.

Il y a deux cas distincts à considérer :

1° La roche ne renferme pas d'alumine, c'est le cas en général de la fluorine.

La méthode de Berzélius est correcte; cela tient à ce que, pour le pH du milieu qui est au moins égal à 7 (la potasse est transformée en bicarbonate), le fluosilicate n'est pas stable [3]; la silice n'entraînera donc pas de fluor.

2° Dans le cas où la roche renferme de l'alumine, après reprise par l'eau, toute l'alumine *peut* ne pas passer à l'état de silico-aluminate *insoluble* dans l'eau (type permutite), il en reste dans la solution alcaline sous forme *d'aluminate* AlO^2K, et non de cryolithe, car le pH des liqueurs obtenues est très élevé (> 13). Mais, quand on ajoute des sels ammoniacaux, on diminue le pH, et la cryolithe se forme d'après les réactions succes-

---

(1) On ajoute à du kaolin cuit de la solution de $MoO^3.2H^2O$ (Communication inédite de M. Malaprade).

(2) Treadwell, *Analyse quantitative*, 1919, p. 434.

(3) La courbe de neutralisation de SiF^6H^2 présente pour $pH = 6$ une tangente d'inflexion *verticale* très nette, correspondant à la décomposition totale.

sives :

$$AlO^2 + 2H^2O \rightleftharpoons Al(OH)^3 + OH$$
$$Al(OH)^3 + 6F \rightleftharpoons AlF^6 + 3OH$$

une partie de l'alumine précipitera donc avec la silice, ce qui fausse les deux dosages de la silice et de l'alumine. La méthode fournit cependant des résultats acceptables, si le filtrat alcalin ne renferme que quelques milligrammes d'alumine, car une *fraction* seulement de celle-ci précipite en cryolithe (réaction limitée).

3° *Dosage du fluor et de la silice.* — Dans deux Communications antérieures nous avons indiqué un procédé de dosage à froid du fluor et de la silice, sous forme de SiF^6K^2. On peut se demander quelle est sa validité, quand la liqueur alcaline de départ renferme de l'alumine; on sait qu'on la neutralise jusqu'à pH = 3 à 3,5, pour lequel SiF^6K^2 est stable [1]; si elle renferme de l'aluminate, on précipitera donc en même temps de la cryolithe. (On reconnaît d'ailleurs facilement cette dernière dans le titrage ultérieur à la potasse, la décomposition de SiF^6K^2 est quasi instantanée à l'ébullition, celle de AlF^6K^3 est beaucoup plus lente et incomplète, il en résulte un virage très mauvais.)

Si l'on veut doser le fluor, le dosage sous forme de SiF^6K^2 n'a donc aucun sens, puisque cet élément se trouve réparti d'une façon inconnue entre deux complexes.

Le dosage de la silice est aussi entaché d'erreur. En résumé :

1° La séparation de la silice et du fluor par la méthode de Berzélius est incorrecte en présence d'alumine.

2° Le dosage précis du fluor et de la silice sous forme de SiF^6K^2 est impossible, si la liqueur alcaline de départ renferme plus de quelques milligrammes d'alumine.

Si la roche renferme un rapport $\frac{Al^2O^3}{SiO^2}$ inférieur à $\frac{1}{3}$, et si elle est attaquable par fusion aux carbonates alcalins *seuls*, quand on reprend par l'eau, *presque* toute l'alumine reste sous forme d'une permutite insoluble, le dosage précis du fluor dans le filtrat est alors parfaitement possible (exemple, cas de la cryolithe, fondue avec $SiO^2 + CO^3Na^2$).

Si la roche est au contraire attaquable seulement par fusion à la potasse (mica, topaze, etc.), la stabilité de la permutite formée après reprise par

---

(1) Le premier virage de l'acide fluosilicique correspond à pH = 3 (courbe de neutralisation).

l'eau, est diminuée, en *raison du* pH *plus élevé;* une partie de l'alumine passe alors sous forme d'aluminate soluble; en neutralisant ultérieurement jusqu'à pH = 3,5 on précipitera donc un mélange de complexes fluorés.

MÉTALLURGIE. — *Sur un procédé de déferrage.* Note [1] de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai étudié récemment la préparation des ferro-alliages de Cu, de Ni et de Co, en partant des minerais ferrugineux.

Certains de ces ferros peuvent être utilisés à l'état brut; d'autres, au contraire, exigent un raffinage soigné. La principale impureté de ceux-ci étant le fer, c'est par le déferrage qu'on doit commencer la purification de ces métaux.

Le déferrage des ferro-cuivres ne peut pas présenter de difficultés parce que ces alliages assez fusibles peuvent être traités dans un convertisseur et que les pertes de cuivre dans la scorie sont faibles, comparables à celles que l'on observe dans le déferrage des mattes de cuivre.

On trouvera ci-dessous quelques chiffres relatifs au partage du cuivre entre le métal et la scorie, obtenus au laboratoire dans des expériences sur le déferrage des ferro-cuivres :

Teneurs du métal en cuivre pour 100....	82,0	90,6	96,9	99,10	99,60
Rapports $\frac{Cu}{Fe}$ dans les scories correspondantes....	0,026	0,075	0,125	0,360	1,05

Il n'en est pas de même pour les ferro-nickels et les ferro-cobalts. Les chaleurs de formation de NiO et de CoO étant voisines de celle de FeO, les pertes par oxydation dans la scorie sont plus importantes que dans le cas du cuivre. Pour que les pertes totales ne deviennent pas excessives, il faut réduire au minimum les entraînements mécaniques du métal par la scorie, ce qui oblige à travailler avec des scories très chaudes et très fluides. C'est là un premier inconvénient, si le déferrage est opéré dans un convertisseur où l'on n'est pas maître de la température.

Les ferro-nickels et les ferro-cobalts fondant à des températures supérieures à 1400°, la chaleur dégagée par la combustion du fer n'est pas suffisante à elle seule pour maintenir le métal liquide pendant les quelques

[1] Séance du 7 novembre 1927.

heures qu'exige le déferrage. Le convertisseur classique ne convient donc plus. Il faut soit réchauffer l'air insufflé, soit le remplacer par de l'oxygène, ou encore disposer d'une source de chaleur (arc électrique, par exemple) à l'intérieur du convertisseur, ce qui n'est guère aisé.

Mais la principale difficulté dans l'emploi du convertisseur vient de la mauvaise tenue de son revêtement réfractaire, qu'il soit acide ou basique. Aux températures élevées qu'exige l'opération, il est rapidement dissous par les oxydes de fer ou désagrégé par l'action mécanique du métal en ébullition.

Après des essais nombreux mais peu concluants au convertisseur, j'ai tourné les difficultés en opérant le déferrage par un procédé que j'appellerai « déferrage par pulvérisation ».

Le ferro brut sortant du four de fusion de minerai, coulé en filet mince, au moyen d'une poche ou d'un four auxiliaire basculant, est frappé par un jet d'air comprimé à plusieurs kilogs. Le métal se divise alors en une infinité de gouttelettes qui brûlent au contact de l'air, en fixant de l'oxygène. La pulvérisation s'effectue dans une sorte de tunnel à parois métalliques, de plusieurs mètres carrés de section, parcouru par un violent courant d'air secondaire qui fournit l'oxygène nécessaire à l'oxydation du métal.

Suivant la température et l'épaisseur du filet de métal, le débit et la pression de l'air comprimé, la quantité d'oxygène fixé par le ferro-alliage varie de 1 à 18 pour 100. Cette dernière proportion d'oxygène correspond au métal aux trois quarts brûlé.

On aurait pu craindre que la pulvérisation produisît une grande quantité de poussières métalliques très fines qui, entraînées par le courant d'air hors de la chambre de pulvérisation, eussent été perdues. En fait, les grains métalliques incandescents précipités sur le sol et contre les parois de la chambre s'y collent. C'est ainsi que la presque totalité du métal pulvérisé est recueillie sous forme de plaquettes compactes, mais faciles à broyer. L'examen microscopique montre d'ailleurs que ces plaquettes sont formées de grains ou de pellicules à contours arrondis, soudés entre eux par des oxydes fondus. Les parois lisses et métalliques de la chambre de pulvérisation ont précisément pour but de rendre très aisé l'enlèvement des plaquettes.

Le métal oxydé est fondu ensuite dans un four électrique, opération qui est destinée à établir un équilibre entre les divers oxydes en présence et à scorifier le fer.

Le procédé admet plusieurs variantes. Si, par exemple, l'oxydation a été

insuffisante pendant la pulvérisation, les plaquettes sont broyées et grillées avant la fusion. Si, au contraire, le métal se trouve trop oxydé, la fusion des plaquettes se fait en présence de métal non pulvérisé.

On notera aussi que la fusion du métal non pulvérisé se fait sans addition de silice. La scorie est donc constituée par des oxydes presque purs, extrêmement fluides, ce qui réduit au minimum les pertes par entraînement ainsi que la quantité de scorie à retraiter.

Voici un exemple d'une série d'opérations exécutées sur un lot de plusieurs tonnes de ferro-nickel :

	Ni.	Fe.	O.	Divers.
Composition moyenne du métal avant la pulvérisation..	61,0	38,4	–	0,60
» » après la pulvérisation..	58,3	32,7	8,9	0,10
» » après la fusion........	95,6	4,0	–	0,40
» de la scorie après la fusion......	9,1	63,1	20,8	7,0

$$\text{Rapport de } \frac{\text{Ni}}{\text{Fe}} \text{ dans la scorie } \frac{9,1}{63,1} = 0,143.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propriétés chimiques de la benzylidène-harmine.* Note [1] de MM. **V. Hasenfratz** et **R. Sutra**, présentée par M. Charles Moureu.

La harmine $C^{13}H^{12}N^2O$, un des alcaloïdes du *Peganum harmala*, possède une chaîne latérale constituée par un CH^3 dont la présence a été établie expérimentalement par W. Perkin et R. Robinson [2]. Elle se combine, en effet, avec l'aldéhyde benzoïque et, par élimination d'une molécule d'eau, forme la benzylidène-harmine, corps blanc cristallisé dont la formule peut être représentée par $(C^{12}H^9N^2O)-CH=CH-C^6H^5$.

Nous avons repris l'étude de ce corps et les résultats obtenus font l'objet de cette Note.

I. *Action du brome.* — Lorsqu'on traite, en présence d'acide acétique, la benzylidène-harmine (1^{mol}) par le brome (1^{mol}), on obtient un précipité jaune, constitué par un mélange de deux corps isomères ayant pour formule $C^{20}H^{16}N^2OBr^2$. Celui qui se forme en quantité prépondérante est insoluble dans l'alcool à 80° bouillant ; l'autre, par contre, y est soluble, ce qui permet de les séparer facilement.

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) W.-H. Perkin junior et R. Robinson, *Journal of Chem. Soc.*, **101**, 1912, p. 1782.

Contrairement à ce qu'on aurait pu prévoir, ces isomères ne sont pas des dérivés bromés d'addition, mais, en réalité, les bromhydrates de deux dérivés monobromés de la benzylidène-harmine.

Le bromhydrate insoluble est traité par l'ammoniaque en présence d'alcool bouillant. La solution obtenue, additionnée d'eau chaude, laisse déposer par refroidissement des lamelles cristallines incolores, fondant nettement à 230° : c'est la *benzylidène-harmine monobromée* α.

Le bromhydrate soluble, décomposé par NH^3, en présence d'alcool ordinaire, fournit une base d'aspect gommeux. On obtient celle-ci sous forme de lamelles incolores lorsqu'on opère la décomposition au sein de l'alcool méthylique.

Ce corps ne présente pas de point de fusion net et se décompose vers 125° : c'est la *benzylidène-harmine monobromée* β.

La formule des deux bases isomères est $C^{20}H^{15}BrN^2O$ et correspond à des dérivés monobromés substitués de la benzylidène-harmine.

Les deux dérivés monobromés que nous venons de décrire se comportent comme des bases dont les sels sont généralement peu solubles. Leurs chloroplatinates $(C^{20}H^{15}BrN^2O, HCl)^2PtCl^4$ sont formés d'aiguilles jaunes insolubles.

II. *Action de* SO^4H^2 *à froid*. — La benzylidène-harmine se dissout, à froid, dans l'acide sulfurique concentré. La solution obtenue, versée dans une grande quantité d'eau donne un précipité jaune; ce corps se comporte comme un dérivé sulfonique. L'*acide benzylidène-harmine* N-*sulfonique* $C^{20}H^{15}N^2O, SO^3H$ se dissout dans les liqueurs alcalines en formant des sels décomposables par les acides, même par CO^2.

III. *Action de* CH^3I. — La benzylidène-harmine ne se combine qu'à une molécule d'iodure de méthyle. Le dérivé iodométhylé s'obtient par ébullition d'une solution de benzylidène-harmine dans l'alcool méthylique additionné d'iodure de méthyle. La solution laisse déposer par refroidissement de belles aiguilles jaunes. Ce corps, de formule $C^{20}H^{15}N^2(CH^3)O, HI$, est l'iodhydrate de benzylidène-méthylharmine.

La solution méthylique chaude de ce sel, traitée par la potasse, laisse déposer rapidement de belles aiguilles rouge carmin, P.F. 190° : c'est la *benzylidène-méthylharmine* $C^{20}H^{15}N^2(CH^3)O$.

Cette base forme avec les acides chlorhydrique et azotique des sels jaunes peu solubles. Son chloroplatinate $[C^{20}H^{15}N^2(CH^3)O, HCl]^2PtCl^4$ est formé d'aiguilles jaunes insolubles.

IV. *Oxydation de la benzylidène-harmine*. — La benzylidène-harmine

en solution acétique, oxydée par l'acide chromique, fournit *l'acide harmique* $C^{10}H^{8}N^{2}O^{4}$. Elle se comporte donc comme la harmine.

Chauffée avec l'acide azotique jusqu'à cessation de dégagement de vapeurs nitreuses, la benzylidène-harmine s'oxyde; dans ce cas, nous n'avons pu isoler qu'un corps cristallisé fusible à 238°; son analyse et ses propriétés montrent qu'il est identique à l'acide paranitrobenzoïque

$$C^{6}H^{4}(NO^{2})CO^{2}H.$$

En résumé, la benzylidène-harmine, malgré la présence d'une double liaison, ne fournit pas de dérivé d'addition. Avec le brome, elle donne les bromhydrates de deux dérivés monobromés isomères et avec l'acide sulfurique, l'acide benzylidène-harmine N-sulfonique.

La benzylidène-harmine, bien que renfermant deux atomes d'azote, ne fixe qu'une molécule d'iodure de méthyle. La combinaison iodométhylée, décomposée par la potasse, donne la benzylidène-méthylharmine : l'atome d'azote auquel s'est rattaché le groupement méthyle est donc de nature secondaire.

La benzylidène-harmine renferme le groupement $-CH=CH-C^{6}H^{5}$ qui a pris la place du radical CH^{3} formant la chaîne latérale de la harmine. L'expérience a montré la résistance de cette chaîne aux agents oxydants puisqu'on la retrouve inaltérée dans l'acide harmique $C^{7}H^{3}N^{2}(CH^{3})(CO^{2}H)^{2}$, produit d'oxydation de la harmine.

Nous avions pensé que l'oxydation chromique de la benzylidène-harmine provoquerait la rupture de la liaison éthylénique et conduirait à un triacide $C^{7}H^{3}N^{2}(CO^{2}H)^{3}$, lequel, par perte de CO^{2}, aurait donné naissance à la base $C^{7}H^{6}N^{2}$. L'étude de cette base, encore inconnue, serait d'un grand intérêt puisqu'elle constitue le noyau diazoté des alcaloïdes du *Peganum harmala*.

Les résultats obtenus n'ont pas confirmé notre hypothèse : la benzylidène-harmine, avant de s'oxyder, fixe les éléments de l'eau, de sorte qu'on obtient l'acide harmique, produit d'oxydation de la harmine régénérée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organo-magnésiens sur la tétraéthyloxamide.* Note [1] de M. R. **Barré**, présentée par M. Charles Moureu.

M. Blaise [2] a montré que l'action des dérivés organo-magnésiens sur la N-tétraéthylglutaramide donne 30 pour 100 de dicétone δ; par la suite, en collaboration avec Mlle Montagne [3] il a isolé de cette réaction une cétone-amine et une cétone-amide.

Il était intéressant de voir si l'on obtiendrait des résultats analogues avec la tétraéthyloxamide.

Cette amide a été préparée en utilisant une réaction trouvée par Bodroux [4] qui, en condensant les éthers-sels avec les dérivés organo-magnésiens des amines primaires aromatiques, a obtenu les amides correspondantes. Bodroux et, après lui, Tschelinzeff et Mlle Vychinskala [5] n'obtiennent que 50 pour 100 de rendement et supposent que la réaction exige deux molécules de dérivé organo-magnésien pour une molécule d'éther-sel.

En élevant la température de réaction et en agitant mécaniquement, j'ai pu obtenir 70 à 75 pour 100 de rendement dans la condensation de l'oxalate d'éthyle avec le dérivé organo-magnésien de la diéthylamine. La réaction peut se formuler par l'équation générale suivante, plus simple que celle donnée par les auteurs précédents :

$$RCO^2C^2H^5 + (R')^2NMgBr \rightarrow RC\begin{cases} N(R')^2 \\ OMgBr \\ OC^2H^5 \end{cases} \xrightarrow{+H^2O} R-C\begin{cases} {=}O \\ N(R')^2 \end{cases} + C^2H^5OH.$$

La tétraéthyleoxamide (Éb. 142° sous 4^mm^) est un corps solide fondant à 35°-36°, comme l'indique Wallach qui l'avait entrevu mais n'avait pu l'isoler [6].

L'action de C^2H^5MgBr sur cette amide se limite à une seule fonction amide. A froid, on obtient 70 pour 100 de diéthylamide de l'acide pro-

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) Blaise, *Comptes rendus*, **173**, 1923, p. 313.

(3) Blaise et Mlle Montagne, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1345.

(4) Bodroux, *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 142.

(5) Tschelinzeff et Mlle Vychinskala, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **36**, 1906, p. 184.

(6) Wallach, *Berichte*, **14**, 1881, p. 735.

pionylformique, que j'avais déjà obtenue par l'action de C^2H^5MgBr sur le diéthyloxamate d'éthyle [1], et 20 pour 100 de diéthylamide de l'acide α-diéthylaminobutyrique (Eb. 98°-99° sous 3mm, Picrate F 114°). Il se fait aussi des traces de dipropionyle et un dégagement d'éthylène

$$(C^2H^5)^2NCO - CON(C^2H^5)^2 + C^2H^5MgBr \rightarrow \left\{ \begin{array}{ll} C^2H^5\underset{\substack{\| \\ O}}{C} - CON(C^2H^5)^2 & \text{(I)} \\ C^2H^5 - \underset{\substack{| \\ N(C^2H^5)^2}}{CH} - CON(C^2H^5)^2. & \text{(II)} \end{array} \right.$$

à 90°, dans le toluène, on obtient 28 pour 100 de (I) et 60 pour 100 de (II). Le rendement en dipropionyle devient alors perceptible (3 pour 100). L'obtention de la diéthylamide de l'acide α-diéthylaminobutyrique montre, qu'en plus de cette réaction secondaire avec formation de base, signalée dans l'action des dérivés organo-magnésiens sur les amides, il s'est fait, dans le cas de la tétraéthyloxamide, une réaction accessoire de réduction.

Un seul groupe éthyle est fixé au carbone porteur du groupe aminé, la valence libre se saturant par un hydrogène emprunté au milieu réactionnel qui laisse alors dégager de l'éthylène.

L'action de C^6H^5MgBr sur la tétraéthyloxamide donne uniquement la diéthylamide de l'acide α-diéthylaminodiphénylacétique (Eb. 182°-184° sous 3mm, Perchlorate, F. Inst. 177°)

$$(C^2H^5)^2NCO.CON(C^2H^5)^2 - C^6H^5MgBr \rightarrow \begin{array}{l} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{array}\!\!\!>\underset{\substack{| \\ N(C^2H^5)^2}}{C} - CON(C^2H^5)^2.$$

Cette amide se transforme immédiatement par ébullition avec HCl en diéthylamide de l'acide benzilique (F. 95°-96°).

Nous nous proposons de continuer à étudier l'action des dérivés organo-magnésiens sur les autres diamides de la série grasse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxyquinine et peroxyquinine.*

Note [2] de M. **Frèrejacque**, présentée par M. Charles Moureu.

De nombreux chercheurs ont montré que beaucoup d'alcaloïdes possédant un atome d'azote tertiaire pouvaient fixer un atome d'oxygène sous l'action

---

[1] Barré, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 825.

[2] Séance du 7 novembre 1927.

de l'eau oxygénée concentrée, pour donner des amino-oxydes dans lesquels l'atome d'azote est devenu pentavalent. MM. Polonovski (¹) ont décrit récemment un grand nombre de ces composés; ils ont repris en particulier l'étude de la N-oxy-strychnine, dans le but de rechercher si les propriétés peroxydantes du produit brut de l'action du perhydrol sur la strychnine étaient dues à l'amino-oxyde, à de l'eau oxygénée en excès, ou comme on l'avait supposé auparavant, à un peroxyde d'alcaloïde. De leur étude, ces auteurs concluent que beaucoup d'amino-oxydes retiennent, à un état mal défini, de l'eau oxygénée en excès dont on ne peut les débarrasser que par de nombreuses recristallisations, ou par action de la catalase. MM. Polonovski estiment que la fonction aminoperoxyde doit être définitivement rayée de la littérature chimique.

Au cours de recherches sur la N-oxy-quinine, nous avons fait quelques observations qui semblent restreindre la généralité de ces conclusions.

La N-oxy-quinine a été décrite par Speyer et Becker (²)

(PF : 195°-196° $[\alpha]_D = -30°$ dans le chloroforme).

En répétant la préparation de la N-oxy-quinine, d'après ces auteurs, c'est-à-dire en épuisant au chloroforme le produit brut de la réaction, et faisant recristalliser dans l'acétone, nous avons constaté, comme MM. Polonovski l'ont indiqué, que l'amino-oxyde présentait encore quelques propriétés oxydantes vis-à-vis de IK. Corrélativement, le produit obtenu a un point de fusion (180° environ) et un pouvoir rotatoire (— 19° environ) variant un peu avec le nombre des recristallisations.

On arrive plus rapidement à un produit non oxydant, en passant par l'intermédiaire du dinitrate qui est assez peu soluble. L'amino-oxyde ainsi obtenu (P.F. 188°), très soluble dans le chloroforme, donne un iodhydrate et un picrate bien cristallisés. Il ne dégage pas d'oxygène sous l'action de la mousse de platine; il semble identique au produit de Speyer et Becker, bien que son pouvoir rotatoire dans $CHCl^3$, $[\alpha]_D = -17°,5$ soit très différent de celui indiqué par ces auteurs. Les points de fusion du dinitrate et du monopicrate sont ceux indiqués par Speyer et Becker.

Au cours de la préparation de l'oxyquinine, nous avions été frappé par la faible solubilité dans le chloroforme du produit gommeux résultant de l'action du perhydrol sur la quinine, alors que l'aminooxyde isolé est très

(¹) *Bull. Soc., Chim.*, 39, 1926, p. 1147.
(²) *D. Ch. G.*, 55, 1922, p. 1321.

soluble dans ce solvant. En extrayant alors par une grande quantité de $CHCl^3$ vers 40°, nous avons constaté que la solution chloroformique concentrée laissait déposer par refroidissement, sur amorce, d'abondants feuillets cristallins (P. F. 153°). Ces cristaux retiennent une molécule de chloroforme de cristallisation, et sont peu solubles à froid dans ce solvant (1 pour 100). Ils présentent avec une grande netteté toutes les réactions des peroxydes (dégagement d'oxygène avec la mousse de platine, MnO^2 pulvérisé, le sang, le permanganate, bleuissement du ferrocyanure ferreux, abondant dépôt d'iode avec IK, etc.). Recristallisés dans $CHCl^3$, ces cristaux ne perdent pas leurs propriétés peroxydantes et leur point de fusion ne varie pas. Au contraire, si on les recristallise dans l'acétone, les cristaux obtenus ne présentent plus que de faibles propriétés oxydantes vis-à-vis de IK; le point de fusion s'élève vers 180°, en même temps que le pouvoir rotatoire tombe à — 19°, alors que le pouvoir rotatoire du produit peroxydant était $[\alpha]_D = -60°$.

Nous sommes donc amené à penser que le corps fondant à 153° est un peroxyde stable dans $CHCl^3$, mais détruit en partie par l'acétone. Avec les acides forts, le peroxyde donne les mêmes sels que l'oxyde. En particulier, les chloroplatinates semblent identiques, et ont la même teneur en platine. Toutefois, le picrate du peroxyde est mal cristallisé ou amorphe, alors que le picrate de l'aminooxyde est bien cristallisé (P. F. 156°).

La formule du peroxyde est assez délicate à établir; en effet, lors du chauffage (à 70° dans le vide) précédant les dosages de C, N, H, chauffage rendu nécessaire pour l'élimination du $CHCl^3$ de cristallisation qui est assez tenace, il semble que le corps perde un peu d'oxygène pour donner de l'aminooxyde. Si en effet on prolonge ce chauffage, le pouvoir rotatoire baisse légèrement, alors que la solubilité dans le chloroforme croît.

Les dosages de C, H, N, s'accordent à peu près avec la formule $C^{20}H^{24}N^2O^2.O^2, CHCl^3$.

En résumé, le peroxyde envisagé ne saurait être considéré comme de l'aminooxyde souillé par de l'eau oxygénée. Il diffère de l'oxyquinine par son point de fusion, son aptitude à donner une combinaison chloroformique peu soluble, son pouvoir rotatoire nettement plus élevé, son picrate.

Nous avons été amené à chercher à isoler de même un peroxyde de quinidine et de cinchonine; malheureusement les solutions chloroformiques ne laissant déposer aucun cristal par concentration, nous avons dû repasser en milieu alcoolique ou aqueux et nous sommes retombés sur les oxydes déjà décrits.

Ce travail avait été entrepris dans le but de rechercher s'il n'existait pas deux oxyquinines. Si les valences de l'oxygène ne sont pas identiques, on peut espérer que l'addition de l'oxygène à la quinine active donne deux stéréo-isomères non inverses optiques.

Bien que l'aminooxyde obtenu ait un pouvoir rotatoire nettement différent de celui déjà décrit, nous ne pouvons conclure de façon ferme à l'existence de deux isomères, dans l'impossibilité où nous avons été de reproduire le corps ayant un pouvoir rotatoire de $-30°$. Quelles que soient les conditions dans lesquelles nous avons fait réagir l'eau oxygénée, nous avons toujours obtenu l'oxyde ayant $[\alpha_D] = -17°,5$.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les causes d'une variation de salinité observée dans l'Océan à la pointe du Croisic.* Note [1] de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. L. Joubin.

Des remarques, faites au cours de recherches entreprises au laboratoire du Croisic, nous ont amené à penser qu'au Croisic, la salinité des eaux de l'Océan était inférieure à la normale.

Les dosages des chlorures ont été effectués par la méthode de Charpentier et Volhard. Les chiffres qui vont suivre expriment en grammes le poids de chlorure de sodium contenu dans un litre d'eau de mer en supposant tout le chlore à l'état de chlorure de sodium.

Des prises d'eau ont été effectuées dans le chenal principal du port du Croisic à marée montante. Suivant différents facteurs (direction du vent, état de la mer) [2] les chiffres ont oscillé de $28^g,50$ à $29^g,40$.

Nous ne distinguons pas, dans ce cas, l'eau de surface et l'eau de fond car, en ce lieu, les eaux, brassées par les remous, présentent la même salinité, à quelque profondeur qu'elles soient puisées.

Ces résultats indiquent donc nettement une salinité au-dessous de la normale. Or les mesures de salinité de l'eau du Croisic, mesures cryoscopiques faites il y a quelques années par M. Fauré-Fremiet, et que celui-ci a bien voulu nous communiquer, indiquaient des teneurs en sels normales (Δ de $-2°,03$ à $-2°,06$: Δ correspondant à une teneur en NaCl d'envi-

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) Toutes choses égales d'ailleurs, la salinité est minima par les vents de Sud-Ouest et elle est plus élevée par mer agitée que par mer calme.

ron $32^{g},8$ par litre). Il y aurait donc maintenant sur la côte du Croisic un apport d'eau douce qui n'existait pas autrefois.

En l'absence de tout autre cours d'eau dans la région, il semble bien qu'une telle dessalure ne puisse être imputée qu'à la Loire. C'est ce que nous avons voulu vérifier.

Prises d'eau faites le 31 août du phare des Charpentiers au plateau du Four. Basse mer (hauteur 60) à $13^{h}25^{m}$. Vent Sud-Ouest.

Point.	Heure.	En surface.	A 3^{m} de profond.	Au fond.
	h m	g	g	g
1.................	11.10	24,40	25,72	29,69 (13^{m})
2.................	11.50	24,55	26,02	29,69 (13^{m})
3.................	12.20	24,55	25,72	29,84 (10^{m})
4.................	13	25,28	25,87	30,13 (13^{m})
5.................	14.30	25,72	26,90	30,00 (20^{m})
6.................	15.20	([1])	28,66	([1])

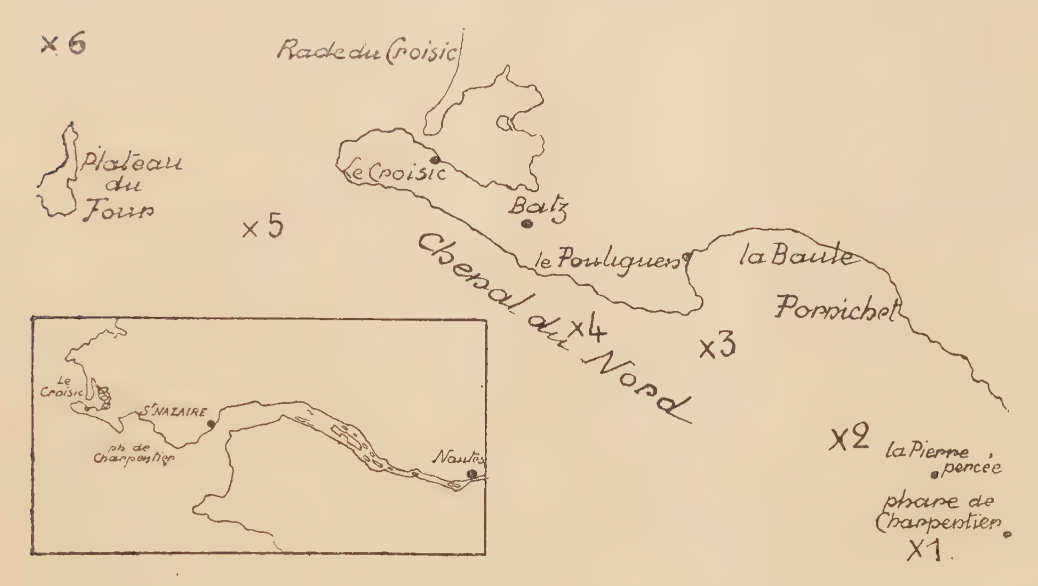
C'est donc bien à la Loire (la salinité diminuant régulièrement du plateau du Four au phare de Charpentier) que doit être imputée cette dessalure des eaux de l'Océan au large du Croisic. Le fait évidemment curieux est qu'une telle dessalure se soit produite ou du moins très notablement accentuée aussi soudainement. Deux causes peuvent être invoquées pour rendre compte de ce fait :

1° L'été extrêmement pluvieux;

2° Une opération récente du Service hydrographique de la Marine. Celui-ci, il y a deux ans, fit sauter une portion de la barre des Charpentiers, rocher qui limitait au nord le chenal septentrional de la Loire. Les eaux de la Loire, à la suite de ce travail, passeraient-elles plus près des côtes de la presqu'île croisicaise? La plus grande partie des eaux de la Loire serait-elle maintenant déversée par le chenal nord? Ce qui semble bien faire, de la suppression de cet écran de rochers, la cause principale de la dessalure observée, ce sont des observations d'ordres divers, observations des biologistes : de M. Labbé, sur le plancton (notamment l'émigration de la côte du Croisic des espèces sténohalines); de M. Fauré-Fremiet (qui constate que, depuis deux ans, les Hermelles ne se reproduisent plus); observations des propriétaires de viviers qui, depuis deux ans, ont eu, parmi les crustacés pêchés au large et apportés dans les viviers du

([1]) Échantillons perdus par bris de récipients

Croisic, une très grande mortalité : mortalité qui, par ses symptômes, semblait bien due au transport rapide de ces animaux (Homards et Langoustes) d'un milieu marin normal dans un milieu dessalé. Notons enfin



que des apports de vase se font maintenant jusqu'aux plages du Croisic. Toutes ces remarques semblent montrer qu'il ne s'agit pas là d'un phénomène transitoire (¹) mais bien de la création d'un milieu dessalé et assez loin de l'estuaire.

Nous nous proposons d'ailleurs d'étudier la question plus à fond et, en particulier, de délimiter la surface de l'Océan ainsi diluée par les eaux de la Loire.

BOTANIQUE. — *Colonies d'espèces calcifuges dans une région calcaire* Note (²) de M. **Ph. Hagene**, présentée par M. Molliard.

Ainsi que nous l'avons déjà signalé ailleurs (³), il existe au sud de l'Ouche dans le massif calcaire, formé par le Jurassique moyen et supé-

---

(¹) De nouveaux dosages d'eau, prélevée tout récemment (3 novembre 1927) dans le chenal du Croisic à marée montante, nous ont donné une teneur en NaCl de $28^{g},50$ par litre.

(²) Séance du 31 octobre 1927.

(³) Ph. Hagene, *Remarques préliminaires sur l'étude des sols et des associations végétales de la Bourgogne* (*Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 41, 1927, p. 27).

rieur, qui constitue la côte bourguignonne, des sols dont la concentration en ions hydrogène indique l'incontestable acidité.

Bien que cette acidité soit une conséquence de la décalcification, elle n'est pas toujours traduite par l'apparition d'espèces propres aux terrains siliceux ou granitiques; cependant, il y a, près de Dijon, une série de localités où se trouvent des plantes calcifuges, soit à l'état d'espèces isolées, soit réunies en colonies *hétérotopiques*.

Il faut noter que ces espèces font partie de la strate herbacée de formations forestières; la dissolution du calcaire entraîne l'ameublissement du sol, une plus grande humidité, et par suite, l'établissement de la forêt. La seule exception que nous connaissons est la station de *Calluna vulgaris* de Saint-Jean-de-Bœuf que nous citons plus loin, et qui se trouve dans une pelouse à *Brachypodium pinnatum* et *Juniperus communis*.

Certaines de ces colonies ne renferment que peu d'espèces ou une seule, dont le nombre des individus peut d'ailleurs être réduit. Dans cette première catégorie, on peut citer comme exemple une petite station de *Lathyrus macrorhizus* dans la combe de Lavaux, à Gevrey; pH du sol ([1]) dans la rhizosphère de cette espèce 6,41. Teneur du sol en calcaire actif ([2]) 0,8 pour 100. Dans cette même catégorie on peut citer également une autre station de *Lathyrus macrorhizus* dans les bois nord-est de Saint-Jean-de-Bœuf; pH 5,74, calcaire actif, 0,22 pour 100.

Enfin comme dernier exemple, nous citerons la station de *Calluna vulgaris* signalée par M. Jean Roy ([3]) à Saint-Jean-de-Bœuf. Cinq prélèvements de terre effectués dans la rhizosphère de cinq touffes de cette espèce nous ont donné : pH 5,51; 5,95; 6,00; 5,95; 5,7. Quatre échantillons ont une teneur en calcaire actif inférieure à 0,1 pour 100. Un seul en contient 0,19 pour 100.

Le sol des localités ci-dessus est une terre argileuse rouge dont le type est très fréquent dans la région.

Dans les localités suivantes, le nombre des espèces calcifuges est plus grand.

([1]) Mesurée au moyen de l'électrode à quinhydrone.

([2]) Suivant la méthode de P. de Mondésir (Grandeau, *Traité d'Analyse des matières agricoles*, 1, 1897, p. 185).

([3]) Jean Roy, *Sur la répartition de* Calluna vulgaris *dans le département de la Côte-d'Or* (*Feuille des Naturalistes*, 47, 1926, p. 59).

Localité.	pH moyen.	pH max.	pH min.	CO^3CA pour 100.
a. Marsannay la Côte ([1])	5,52	6,38	5,40	0
b. Quemigny ([2])	4,96	6,5	4,2	0
c. Chamboeuf	5,24	6,40	4,80	0
d. Chazan (commune de Chamboeuf).	4,88	6,58	4,25	traces

Les échantillons de terre ont été prélevés dans la rhizosphère des espèces suivantes.

a. *Orchis maculata*, *Lathyrus macrorhizus*.

b, c, d. *Eupteris aquilina*, *Calluna vulgaris*.

Les trois dernières stations sont beaucoup mieux caractérisées que les précédentes ; d'abord par la présence de *Calluna vulgaris* et de *Eupteris aquilina* qui donnent au paysage l'aspect de celui des terrains siliceux, et ensuite par le nombre des espèces calcifuges qui s'y trouvent réunies et dont nous publierons ailleurs une étude détaillée.

Ces trois localités sont situées sur les points décalcifiés des calcaires marneux à silex (ou chailles) ([3]) de l'Argovien. En raison de leur composition minéralogique, ces roches donnent après disparition du calcaire, des sols dont la constitution physique convient particulièrement aux espèces des colonies hétérotopiques.

Des couches voisines stratigraphiquement jouent le même rôle dans le Jura. Dans cette région en effet, ainsi que Grenier l'a montré ([4]), la plus grande partie des colonies hétérotopiques est située sur une même assise qu'il est facile, d'après les indications qu'il donne, d'identifier avec les marnes oxfordienes à chailles (couches à *Cardioceras* cf *cordatum* et *Pholadomya exaltata* ([5]).

Aux nombreux caractères communs que présente la flore du Jura et celle de la Côte de Bourgogne, il faut donc ajouter cette nouvelle analogie.

([1]) Station signalée par M. Genty.

([2]) Cette localité m'a été indiquée par M. Paris.

([3]) Collot, *Carte géologique détaillée : feuille de Beaune*, 1898, Notice J^{2-1}.

([4]) Grenier, *Revue de la flore des Monts Jura* (*Société d'émulation du Doubs*, 10, 14 novembre 1894, p. 372).

([5]) Fournier, *Carte géologique détaillée : feuille de Besançon*, 2e édition, 1922, Notice.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Vitesse de l'émigration automnale des substances azotées des feuilles vers les tiges chez les plantes ligneuses.* Note (¹) de MM. **Raoul Combes** et **Robert Échevin**, présentée par M. Molliard.

Il a été antérieurement établi que l'azote qui disparaît des feuilles des arbres pendant le jaunissement automnal émigre en totalité vers les tiges et les racines (²). L'étude de la vitesse de sortie des substances azotées des feuilles au cours de cette période peut donc permettre de déterminer la marche du phénomène d'émigration. Nous avons fait porter nos recherches sur cinq espèces : *Æsculus Hippocastanum*, *Castanea vulgaris*, *Cornus sanguinea*, *Fagus silvatica* et *Ampelopsis Vetchii*. L'azote total a été dosé dans des fragments de feuilles de même surface récoltés à des temps très rapprochés, tous les dix jours, parfois même tous les cinq jours; chaque récolte consistait à prélever sur les feuilles, à l'aide d'un emporte-pièce, et toujours à la même heure de la journée, 100 rondelles dont l'ensemble représentait une surface de $259^{cm^2},04$. La surface des feuilles demeurant constante à la fin de la période active de végétation, la détermination de la quantité d'azote contenue dans un tissu foliaire correspondant à une surface déterminée et toujours la même, effectuée à des temps rapprochés, permettait d'établir la variation réelle subie par l'azote.

Nous avons résumé ci-dessous les résultats de nos analyses sous forme de courbes qui représentent, pour chaque espèce, les variations éprouvées par la quantité d'azote — exprimée en milligrammes — contenue dans une masse de tissu foliaire de $259^{cm^2},04$ de surface, entre le 22 juillet et le 16 novembre 1926.

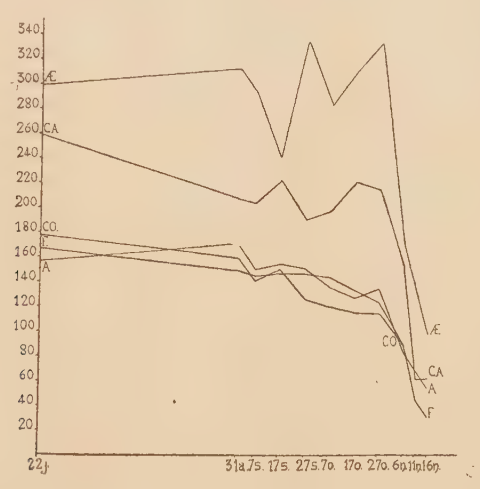
Une faible atténuation de la teinte verte des feuilles était déjà visible le 27 septembre chez l'*Æsculus*, le *Cornus*, l'*Ampelopsis*, et le 27 octobre chez le *Castanea* et le *Fagus*. Mais ce fut seulement entre le 27 octobre et le 6 novembre que le jaunissement se manifesta nettement sur les feuilles d'*Æsculus*, de *Castanea*, de *Fagus* et d'*Ampelopsis*, des plages entièrement jaunes apparaissant de place en place; à ce moment les feuilles de *Cornus* étaient déjà rouges et tombaient en grand nombre. Le 11 novembre, le jaunissement était terminé chez les quatre premières espèces; certaines

(¹) Séance du 7 novembre 1927.

(²) R. Combes, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 2056.

parties commençaient à brunir — c'est-à-dire à mourir — et beaucoup de feuilles se détachaient déjà.

L'examen des courbes ci-dessous montre que l'émigration des substances azotées des feuilles vers les tiges est très faible ou même nulle pendant tout le temps où les feuilles conservent la plus grande partie de leur chlorophylle. Lorsque la teinte verte commence à s'atténuer, mais avant qu'apparaissent les premières plages jaunes, l'émigration reste encore faible ou



Courbes d'émigration de l'azote des feuilles vers les organes vivaces chez l'*Æsculus* (*Æ.*), le *Castanea* (*CA.*), le *Cornus* (*CO.*), le *Fagus* (*F.*) et l'*Ampelopsis* (*A.*).

nulle. C'est seulement quand le jaunissement est nettement commencé que le phénomène d'évacuation de l'azote apparaît, rapide dès l'origine; au moment où les premières plages jaunes se montrent sur les feuilles, la courbe de l'azote subit en effet une chute brusque pour les cinq espèces étudiées. L'évacuation se poursuit, très active, pendant toute la durée du jaunissement. Chez le *Castanea* et le *Fagus*, dont les feuilles ont pu être analysées tous les cinq jours en novembre, on constate que l'émigration se ralentit à la fin du jaunissement, au moment où les feuilles commencent à brunir.

A la fin de l'évacuation, les feuilles des différentes espèces sont ramenées à des teneurs en azote très voisines les unes des autres.

Le coefficient d'évacuation de l'azote — c'est-à-dire le rapport de la quantité d'azote qui émigre à la quantité d'azote contenue dans les feuilles vertes — est très variable suivant les espèces : *Fagus* 0,79; *Castanea* 0,74; *Æsculus* 0,66; *Ampelopsis* 0,62; *Cornus* 0,48.

Les résultats exprimés dans ces courbes, qui permettent pour la première fois de suivre d'une manière précise les phases successives du phénomène d'émigration automnale des substances azotées des feuilles vers les tiges des arbres, conduisent donc à conclure que l'émigration est faible ou nulle pendant la période qui précède le jaunissement, mais qu'une véritable évacuation commence brusquement dès l'apparition des premières plages jaunes, et se poursuit rapide pendant toute la fin de la vie des feuilles, pour ne cesser qu'à la mort des tissus. Il y a lieu de remarquer l'extrême rapidité du phénomène d'évacuation qui, chez certaines espèces telles que l'*Æsculus* et le *Castanea*, transporte en un temps relativement court — 15 à 20 jours — les $\frac{7}{10}$ de l'azote contenu dans les feuilles. Nous ignorons encore quelles sont les conditions physico-chimiques internes qui déclenchent brusquement ce phénomène chez les plantes ligneuses à feuilles caduques.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Légumineuses. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Medicago Lupulina *L.* Note [1] de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

Chez le *Medicago Lupulina*, la cellule apicale (*ca*, *fig.* 1) du proembryon bicellulaire se segmente transversalement et donne deux cellules superposées *cc* et *cd* (*fig.* 2). La cellule basale *cb* reste généralement indivise, ou, si elle se segmente, n'engendre qu'un nombre très réduit d'éléments qui se confondent avec ceux du suspenseur.

La cellule *cc* du proembryon tricellulaire (*fig.* 2) se partage verticalement et la cellule *cd*, sa sœur, horizontalement. On peut considérer comme représentant la véritable tétrade les quatre éléments issus de ces deux dernières divisions, étant fait abstraction de la cellule basale, comme dans le cas du *Sagittaria sagittæfolia* ou du *Sagina procumbens*.

Les deux cellules juxtaposées, en *cc* (*fig* 3 à 6), prennent des cloisons verticales et donnent ainsi naissance à quatre éléments semblables régulièrement disposés dans un plan horizontal Pendant ce temps, le sommet embryonnaire, occupé par ces cellules, se renfle légèrement et prend les caractères d'une sphérule, dont les quatre parties composantes représentent les quadrants (*fig.* 7 à 11). Peu après, les quadrants se segmentent transversalement (*fig.* 12) et engendrent huit octants très nettement distribués en deux étages (*fig.* 14). Comme on le voit, les premières segmentations,

(1) Séance du 7 novembre 1927.

dans la cellule *cc*, s'effectuent conformément aux règles classiques, qui ont été observées chez les Crucifères et le *Myosurus minimus*, avec cette différence essentielle toutefois, que, dans ce dernier cas, c'est dans la cellule apicale du proembryon bicellulaire que se produisent ces segmentations.

Au cours de la formation des quadrants et des octants, les cellules placées au-dessous de l'élément *cc* commencent à se segmenter; mais ces divisions ne semblent pas obéir à des lois bien déterminées. Par exemple, la cellule *m* (*fig.* 6) se segmente le plus souvent verticalement (*fig.* 7, 8, 9, 10); elle peut aussi se diviser transversalement comme le démontre la figure 11. La cellule *ci* (*fig.* 5) semble au contraire se partager par une cloison le plus souvent transversale pour engendrer deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 6 et 8). Quant à la cellube *cb*, elle reste nettement indivise,

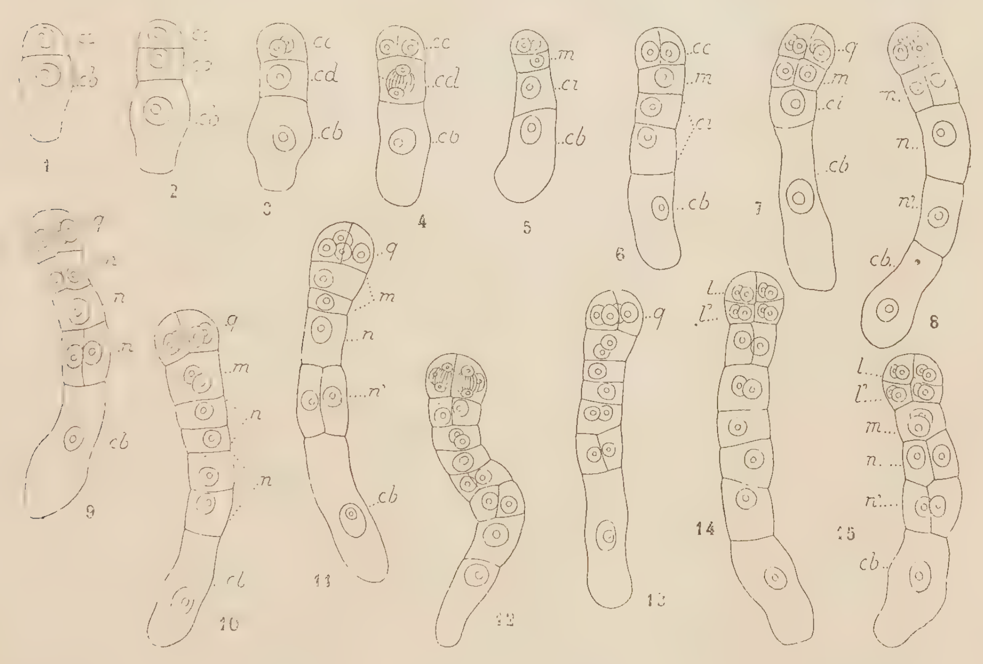


Fig. 1 à 15. — *Medicago Lupulina* L. — Les premiers stades du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou cellule embryonnaire proprement dite; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca*; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs; *l'*, octants inférieurs. G. = 390.

dans les tout premiers stades embryonnaires tout au moins; elle peut, plus tard, se segmenter transversalement et contribuer à accroître le nombre des éléments du suspenseur; c'est ainsi que dans les figures 8, 10, 12, 14, il est difficile d'affirmer que la cellule *cb* n'a pas subi de bipartition, et, par le fait même, de déterminer quelle part ont prise à la génération du suspenseur les cellules *ci* et *cb* du proembryon de la figure 5.

Quoi qu'il en soit, tous les éléments issus de *m*, de *ci* et de *cb* donnent

naissance à un suspenseur d'assez grande taille, allongé, composé de cellules très distinctes par leur forme et leurs dimensions de celles du globule embryonnaire. Les huit octants, issus de *cc*, vont engendrer l'embryon proprement dit et l'hypophyse : on verra ultérieurement comment procède la segmentation dans l'édification de ces deux régions fondamentales du corps de l'embryon.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'hérédité de l'Absinthe greffée sur Chrysanthème arborescent.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Depuis longtemps déjà, j'ai montré que l'on peut faire vivre, lignifier et fructifier trois ou quatre années de suite les tiges aériennes annuelles de l'*Artemisia Absinthium* en les greffant sur *Chrysanthemum frutescens*. A la suite du semis des graines récoltées sur un épibiote âgé de quatre ans, j'ai obtenu des plantes très variées comme taille, villosité, forme et parfum, dans lesquelles j'ai sélectionné deux types extrêmes, l'un très vigoureux et à larges feuilles, l'autre faible et à feuilles étroites frisées. J'ai semé leurs graines et obtenu à nouveau des exemplaires de taille et de caractères variables, les uns forts, les autres faibles et ces types extrêmes présentaient tous les intermédiaires. Au moment de la floraison, je constatai que certains pieds fleurissaient à la façon des témoins; d'autres, très vigoureux, ne fleurirent pas et enfin un assez grand nombre donnèrent à la fois des rameaux fleuris et des rameaux ne fleurissant pas (1926).

En 1927, les pieds à floraison normale portaient exclusivement des tiges aériennes desséchées et ils repoussèrent à l'aide de leurs parties souterraines comme les témoins. Les pieds vigoureux, à tige ramifiée à quelque distance du sol, avaient perdu leurs feuilles, mais leurs parties aériennes restées vivantes donnèrent à leur sommet de nouvelles pousses feuillées. Celles-ci ont fleuri et toutes ont fructifié. Les tiges aériennes de l'an dernier sont devenues très ligneuses et le port de ces exemplaires offre une analogie marquée avec celui de la Pâquerette arborescente qui avait fourni l'hypobiote (*fig.* 1).

Les types intermédiaires ont présenté un curieux mélange de tiges aériennes fleurissant ou ne fleurissant pas. Les parties souterraines correspondant aux premières ont donné des tiges nouvelles pendant que les tiges anciennes, plus ou moins nombreuses suivant les pieds, ont donné de nouvelles pousses à leur sommet resté vivant, ont fleuri et se sont lignifiées au cours de la deuxième année de leur développement.



Absinthe de semis, provenant d'un exemplaire greffé sur *Chrysanthemum frutescens*.

Ces résultats sont intéressants à plusieurs titres. Ils font voir que la symbiose éveille chez l'épibiote et sa descendance des capacités sommeillantes qui souvent ne se manifesteraient pas sans elle. De même le changement du rythme de la floraison et l'apparition du caractère ligneux sont d'ordre spécifique, car tandis que Lamarck (1) croyait à la possibilité de la transformation d'une plante ligneuse en une plante herbacée, Godron (2) a considéré le caractère ligneux comme essentiellement spécifique. Donc il ne semble plus possible aujourd'hui de contester l'*influence spécifique* qui s'exerce, en certains cas exceptionnels, entre l'épibiote et l'hypobiote, et qui retentit à la fois sur ceux-ci ou héréditairement sur leurs descendants.

ZOOLOGIE. — *La présence du Crapaud vert dans le Hoggar.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Bouvier.

A maintes reprises (3), j'ai appelé l'attention sur la persistance non seulement dans les parties nord avoisinant le versant méridional de l'Atlas, mais encore dans les points les plus divers du Sahara, d'une faune de Vertébrés aquatiques, assez variée.

Dans le cœur du Grand Désert, c'est surtout dans le massif élevé du Tassili des Azdjers qu'on a recueilli le plus de formes aquicoles, comme le Crocodile du Nil, plusieurs Batraciens, des Poissons du genre Barbeau. En revanche, aucun échantillon n'avait encore été rapporté du Hoggar où cependant au dire des voyageurs et même des romanciers existe une faune aquatique importante. Aussi doit-on savoir grand gré à M. Rossion dont on n'a pas oublié la récente randonnée à motocyclette jusqu'à cet îlot montagneux du Sahara central, d'avoir récolté quelques échantillons pour le Muséum de Paris. Au Hoggar même, à Tamanrhasset, à 1400^m d'altitude, M. Rossion a capturé, en effet, trois Batraciens anoures adultes que je rapporte au *Bufo viridis* Laurenti. D'autre part, sur sa route, dans une poche d'eau des gorges d'Arak, non loin de Tadjemout, à peu près à mi-distance à vol d'oiseau entre In Salah et le Hoggar, il a pêché deux Poissons, un Cyprinidé, le *Barbus deserti* Pellegrin, décrit primitivement, de la mare d'Ifédil, aussi du Sahara central mais retrouvé depuis dans le Tibesti,

(1) Lamarck, *Philosophie zoologique*, Paris, 1, 1809, p. 226.

(2) Godron, *De l'espèce et des races dans les êtres organisés*, Paris, 1859, p. 78.

(3) J. Pellegrin, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 272, et 168, 1919, p. 961; *C. R. Ass. fr. Av. Sc.*, Tunis, 1913, p. 346, et Bordeaux, 1923, p. 585.

l'Ennedi et même le Haut-Chari, et un Cichlidé, le *Tilapia Zilli* Gervais, très commun au nord du Sahara et dont l'habitat comprend le Niger, le Tchad, le Nil et jusqu'à la Galilée.

La présence du Crapaud vert dans le Hoggar mérite d'être signalée car c'est, en Afrique, le point de beaucoup le plus méridional où descend cette espèce, surtout paléarctique.

On sait que ce Batracien remarquable par les taches vert olive, souvent bordées de noir, qui tranchent sur le fond jaune clair ou grisâtre de son dos et de ses membres, possède une distribution géographique fort étendue. En France, on ne le trouve qu'en Savoie, aux confins de la frontière italienne, mais il est répandu dans l'est et le sud de l'Europe depuis le Rhin et les Alpes, remontant jusqu'au Danemark et à la Suède méridionale; il existe aussi aux Baléares. En Asie, il habite le pourtour méditerranéen, descendant jusqu'en Arabie; on l'a rencontré en Perse, au Bélouchistan, au Thibet, en Sibérie, et jusqu'en Mongolie. En Afrique du Nord, il est plus ou moins commun dans les régions littorales ou montagneuses du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie, de la Tripolitaine et de l'Égypte. Juste au sud de l'Atlas, des exemplaires ont été adressés au Muséum de Paris, par le Dr Foley, de Beni Ounif, aux environs de Figuig.

La découverte de cette belle espèce en plein centre du Sahara étend considérablement vers le sud son habitat déjà si vaste. La fraîcheur et l'humidité dues à l'altitude figurent certainement parmi les causes qui permettent au Crapaud vert de se maintenir sous une latitude aussi basse. Pareil fait se reproduit, d'ailleurs, dans l'Himalaya où il a été signalé jusqu'à 4500^{m} de hauteur.

L'existence au Hoggar du Crapaud vert, animal dont les première phases de la vie se passent dans l'eau, révèle déjà un commencement de la faune aquatique de cette curieuse région. Nul doute que les expéditions actuellement en cours n'y recueillent, à bref délai, de nouvelles formes intéressantes et particulièrement des Poissons.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la nature des glucides alimentaires sur la production d'états polynévritiques aigus, récidivants ou chroniques, obtenus malgré la présence de levures ou d'extraits de levure.* Note [1] de Mme **L. Randoin** et M. **R. Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

En 1926, nous avons apporté une preuve de l'existence de deux vitamines B; l'une étant essentiellement antinévritique, l'autre étant avant tout une vitamine d'utilisation nutritive [2]. Nous avons constaté ensuite que les extraits de levure de distillerie renferment presque exclusivement cette dernière seulement, tandis que les extraits de levure de bière contiennent à la fois les deux vitamines B. Enfin, tout récemment, nous avons montré que la nature des glucides du régime a une influence sur l'évolution de l'avitaminose B totale, celle-ci étant d'autant plus rapide que l'absorption d'un glucide donné se fait elle-même plus rapidement (Ex. : galactose, 9-13 jours; glucose, 15-20 jours; dextrine, 17-27 jours) [3].

Poursuivant nos recherches, nous avons voulu savoir si l'influence de la nature des glucides peut encore se manifester dans certains cas où les régimes, renfermant des levures ou des extraits de levure, semblent *a priori* satisfaisants.

Technique. — Nous avons employé, pour 3 lots de Pigeons adultes, 3 régimes, respectivement à base de *dextrine purifiée*, de *glucose pur* et de *galactose pur*, ayant la même composition centésimale (fibrine, 5; caséine, 6; ovalbumine, 5; graisse de beurre, 4; *glucide à essayer*, 66; mélange de sels, 4; agar-agar, 8; papier filtre, 2). Chaque Pigeon a reçu, *par gavage*, 20^g de ration par jour.

Dans chacun des trois lots, nous avons étudié comparativement : d'une part, les effets de l'addition, à la ration, de levure de bière ou de levure de distillerie sèches (doses variant de 0^g,50 à 2^g,50 par animal et par jour); d'autre part, les effets de l'addition d'extrait de levure de bière ou d'extrait de levure de distillerie (doses variant de 0^g,10 à 0^g,50 par animal et par jour).

Les quelques courbes de poids et de température reproduites ici mettent en évidence le sens de nos résultats.

Résultats et conclusions. — I. La présence des deux vitamines B, en quantité largement suffisante, dans un régime artificiel complet et équilibré, n'em-

---

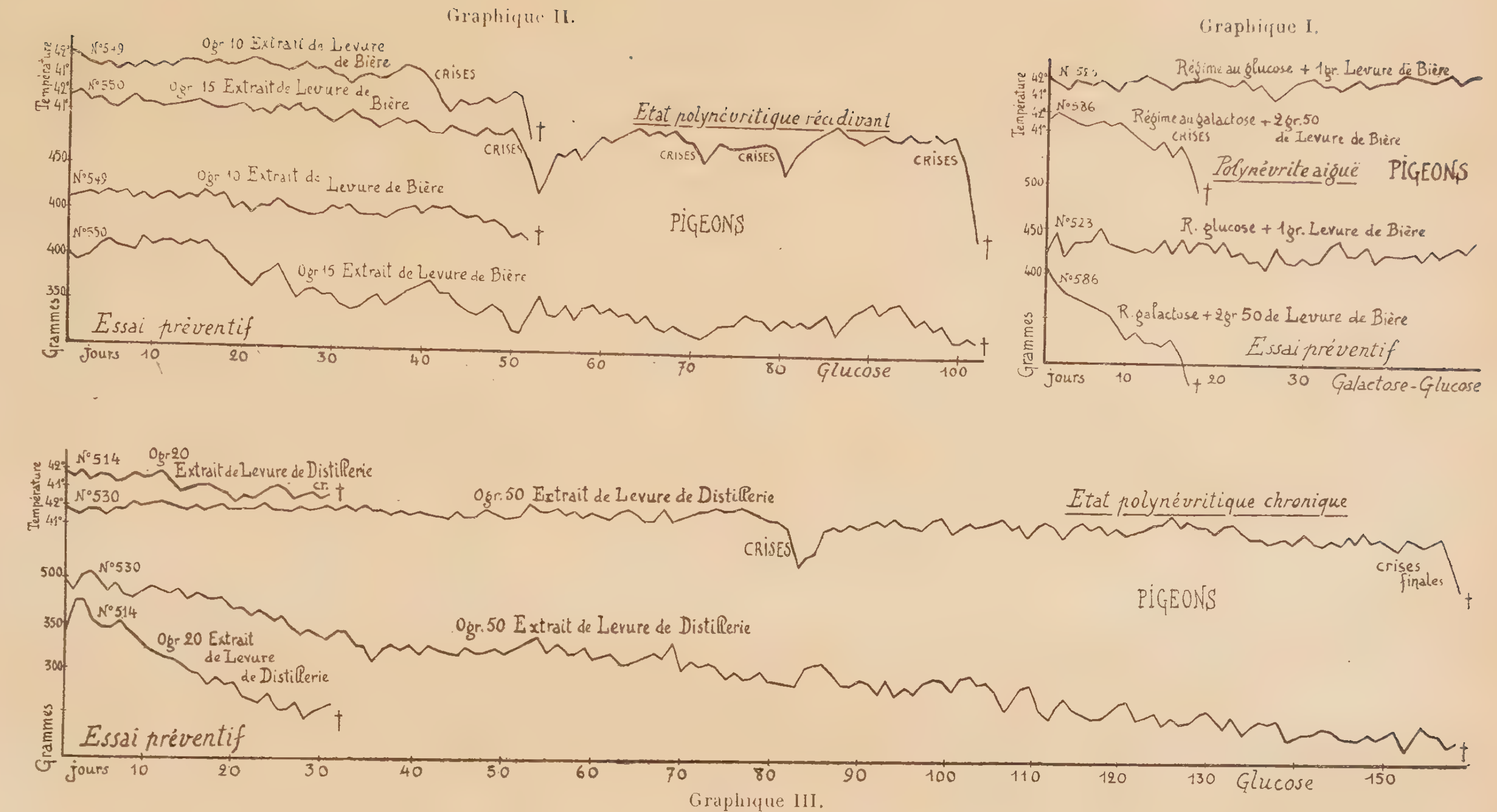
(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1408 et 1564.

(3) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1347.

Graphique II.

Graphique I.



Graphique III.

pèche pas dans tous les cas, chez le Pigeon, l'éclosion de *crises polynévritiques aiguës* (dites crises caractéristiques de l'avitaminose B). Par exception, lorsqu'on choisit notamment le *galactose* comme source unique de glucides, une forte dose quotidienne de levure de bière n'empêche ni les accidents nerveux, ni la mort au bout de 15-20 jours (graphique I).

II. Pour un même taux de glucides, quand on emploie des régimes complets à base de sucres très vite absorbés (autres que le galactose), à base de glucose pur, par exemple, la proportion nécessaire des vitamines B atteint une valeur maxima. Mais en tout cas, une *insuffisance légère de ces deux vitamines* suffit à provoquer une longue maladie, caractérisée par des crises violentes et des guérisons apparentes, se succédant à plusieurs reprises. Cet *état polynévritique récidivant* se termine par la mort (graphique II). Une *insuffisance de la vitamine antinévritique seule* détermine, chez les Pigeons à terrain particulièrement résistant, après de fortes crises, mortelles pour les autres, un *état polynévritique chronique*, à évolution lente, sans symptômes nets (graphique III).

III. Ces résultats confirment et précisent les conclusions déjà anciennes (1923-24) de Mme L. Randoin et H. Simonnet [1], à savoir que, dans la constitution de régimes complets, il importe de se préoccuper, non seulement de la présence des principes indispensables, mais encore de la nature des substances énergétiques et de relations possibles entre celles-ci et une ou plusieurs vitamines déterminées.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la réfraction statique de l'œil chez les Poissons.* Note de Mlle **M.-L. Verrier**, présentée par M. Bouvier.

La myopie est très généralement considérée comme l'état de réfraction normale des Poissons. Cependant Sicherer [2], en 1911, signale des degrés variables d'hypermétropie chez quelques Téléostéens. Plus récemment, Rochon-Duvigneaud confirme ces résultats.

Je me suis proposé d'étudier l'état de la réfraction chez des Poissons non encore observés par les précédents auteurs.

---

(1) Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 903; 178, 1924, p. 963, et 179, 1924, p. 700 et 1919.

(2) O. Sicherer, *Untersuchungen über die Refraktion des Auges der Sübwasserfische* (*Arch. Vergl. Ophthalmol.*, 1, 1911, p. 453-464).

J'ai employé, ainsi que Rochon-Duvigneaud, le procédé objectif de Guignet ou méthode de l'ombre pupillaire. Cette méthode consiste à projeter à l'aide d'un miroir plan un faisceau lumineux sur l'œil à observer et, par rotation du miroir autour de son axe vertical, puis autour de son axe horizontal, à faire apparaître l'ombre pupillaire et à suivre son déplacement. Le sens du déplacement fait connaître le sens de l'amétropie dont le degré se mesure par la puissance du verre correcteur concave ou convexe qui, placé devant l'œil observé, établit l'emmétropie.

Les observations ont été faites sur des animaux vivants maintenus immobiles dans l'eau, eau de mer pour les espèces marines, eau douce pour les autres.

Les résultats obtenus sont exprimés dans le tableau suivant :

	Réfraction sphérique en dioptries.
Trachurus trachurus L.	+8
Trigla corax Bp.	+5
Scorpæna scrofa L.	+4
Crenilabrus mediterraneus C. V.	+7
Chrysophrys aurata Cuv.	6
Tinca tinca L.	+7
Leuciscus cephalus L.	9
Conger vulgaris Cuv.	+1 ou emmétropie

De plus, sans avoir pu en faire la mesure, j'ai constaté l'hypermétropie chez *Mullus barbatus* L. et *Mugil capito* Cuv.

Enfin, sauf dans le cas du *Congre* qui demande de nouvelles observations, tous les individus étudiés ont montré un astigmatisme hypermétropique composé.

Ces résultats ne peuvent atteindre qu'un degré de précision d'environ une dioptrie : le faible diamètre de l'orifice pupillaire, les zones concentriques du cristallin, les mouvements des yeux, les jeux de l'accommodation sont autant de circonstances, qui, tout en rendant l'observation difficile, peuvent être des causes d'erreur.

Je me suis proposée ensuite de vérifier ces résultats par l'observation des images qui se forment à l'état de repos accommodatif sur la rétine des Poissons. Les essais ont été faits sur la *Tanche* et le *Leuciscus*. Voici le dispositif employé, établi avec l'aide de M. Matout.

Le cristallin d'un individu sacrifié au moment de l'expérience est placé entre un écran mobile qui remplace le pôle postérieur de l'œil et une source

lumineuse éloignée de 40^{cm}. Cristallin, écran, et source lumineuse sont placés dans l'eau. La distance du cristallin à la rétine ayant été préalablement mesurée, j'ai constaté que l'écran placé à cette même distance ne reçoit que des images imprécises. La netteté des images augmente avec l'éloignement de l'écran. Dans les cas étudiés, le maximum de netteté a été obtenu pour les distances suivantes :

1° Chez une *Tanche* dont la distance du pôle postérieur du cristallin à la rétine était de $2^{mm},8$, image nette à $3^{mm},5$ du cristallin.

2° Chez un *Leuciscus* dont le cristallin et la rétine sont distants de $1^{mm},5$, image nette à $2^{mm},25$.

Ces mesures ne constituent qu'une vérification expérimentale. Elles ne peuvent donner que des valeurs approchées : par exemple, on y considère l'indice de réfraction de la cornée et celui de l'humeur aqueuse comme égaux à celui de l'eau; or, ces indices, quoique très voisins, ne sont pas rigoureusement égaux. Toutefois, ces mesures montrent que l'image se forme dans l'œil de la *Tanche* et du *Leuciscus* en arrière de la rétine. Il en résulte, ainsi que des observations faites selon les méthodes de la skiascopie, que l'état normal de réfraction, chez les espèces étudiées, est l'hypermétropie accrue d'astigmatisme.

L'accommodation se ferait donc chez eux d'une manière normale et les Poissons ne formeraient pas un groupe à part chez les Vertébrés doués du pouvoir accommodatif. Leur accommodation ne serait pas négative, ainsi que l'on a eu tendance à l'admettre.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la fusion ou la séparation des plasmodiums, prises comme critériums dans la définition de l'espèce chez les Myxomycètes.* Note [1] de M. **Marcel Brandza**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

D'après le mycologue Torrend, l'espèce chez les Myxomycètes doit être considérée « comme une réunion d'individus, dont les plasmodiums cultivés dans les mêmes circonstances de milieu, se fusionnent en une seule masse protoplasmique commune » [2].

Pendant la belle saison des années 1925-1927, nous avons essayé d'appliquer la définition de Torrend à un certain nombre de Myxomycètes critiques.

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) Torrend, *Fl. des Myx.*, Broteria, 1909.

La méthode qui nous a servi pour mettre en contact les plasmodiums est des plus simples. On cherche d'abord des plasmodiums aussi jeunes que possible, en s'assurant préalablement que le processus de la formation des spores n'est pas encore commencé. Si les plasmodiums sont dans la phase de propulsion, on utilise leur hydrotropisme positif pour les faire ramper d'un substratum sur l'autre. Arrivés au stade de concentration, les plasmodiums peuvent être tout simplement superposés avec précaution et humectés ensuite. Pour mieux réussir on opère en pleine forêt.

I. *Fuligo septica* Gmelin. — C'est l'espèce la plus commune et la plus polymorphe de tout le groupe des Calcarées. Suivant les cas, son plasmodium est jaune, blanc, crème ou violacé. Nous nous sommes limité aux plasmodiums jaune et crème.

A. *Mélange de plasmodiums jaunes.* — On peut résumer les résultats obtenus comme il suit :

1° Fusion des plasmodiums et formation d'un seul æthalium jaune non cortiqué, qu'on peut nommer, pour la clarté de l'exposition seulement, *F. septica lutea.* C'est à peu près ce que Persoon entendait par son *F. flava.*

2° Fusion des plasmodiums et formation d'un seul æthalium cortiqué, à forme bien définie et à écorce résistante et brun jaunâtre. Pour les mêmes raisons que précédemment, nous lui donnons le nom de *F. septica lutea corticata*, bien que les mycologues la connaissent sous la dénomination de *F. lævis* Pers.

3° Séparation des plasmodiums et formation de deux æthaliums dont l'un non cortiqué (*Fuligo septica lutea*) et l'autre cortiqué (*F. septica lutea corticata*).

B. *Mélange de plasmodiums crème.* — Les résulttas sont les mêmes :

1° Fusion des plasmodiums en un seul æthalium blanc non cortiqué, qu'on peut nommer *F. septica alba.* Dans les *Mycetozoa* de Lister, cette forme figure à titre de variété : *F. septica* Gmelin, var. *candida* R. E. Fries, synonyme avec *F. candida* Pers.

2° Fusion des plasmodiums en un æthalium cortiqué, à forme bien définie et à écorce persistante d'un jaune citron. Nous devons la nommer *F. septica alba corticata.* On l'a toujours confondue avec *F. lævis* Pers.

3° Séparation des plasmodiums et formation de deux æthaliums, dont l'un non cortiqué (*F. septica alba*) et l'autre cortiqué (*F septica alba corticata*).

C. *Mélange des plasmodiums jaunes avec des plasmodiums crème.* — Dans ce cas, la séparation est la règle et il en résulte, suivant les cas, des æthaliums non cortiqués jaunes ou blancs, ou des æthaliums cortiqués bruns ou jaune citron.

En résumé, du mélange des plasmodiums jaunes ou crème de *F. septica* Gmelin, résultent quatre types distincts d'æthaliums, respectivement non cortiqués et cortiqués, appartenant deux par deux au plasmodium jaune et crème.

II. *Tubifera ferruginosa* Gmelin. — Très répandus, les æthaliums de cette espèce, formés par des tubes juxtaposés, peuvent atteindre 1-2^{dm} de longueur sur 5-9^{cm} de largeur. Son plasmodium est incolore ou d'un jaune brillant. Si l'on mélange ces deux sortes de plasmodiums, ils ne tardent pas à se séparer. Du plasmodium incolore, prend naissance un æthalium typique ayant tous les sporanges disposés sur le même plan (Lister, *Mycet.*, éd. III, pl. 150, *a*). Les æthaliums provenant du plasmodium jaune ont les sporanges à extrémité conique, le péridium plus épais et plus luisant et ne sont plus disposés sur le même plan (Lister, *loc. cit.*, fig. *c*). Bien que physiologiquement distincts, ces deux types de *T. ferruginosa* ne sont pas suffisamment caractérisés par leur forme pour en conclure à des espèces différentes.

III. *Didymium squamulosum* Fr. — Bien connue et universellement répandue, cette espèce peut provenir d'un plasmodium incolore ou jaune citron transparent. Le mélange de ces plasmodiums conduit à leur séparation, et les sporanges formés conservent, les uns leur couleur grisâtre, les autres leur couleur jaune, mais au dernier moment de la maturation, les uns comme les autres, blanchissent. Les spécialistes auxquels nous nous sommes adressé, n'ont pu voir aucune différence entre ces deux sortes de sporanges dont l'origine est pourtant si distincte.

IV. *Conclusions.* — Le principe posé par Torrend pour définir l'espèce chez les Myxomycètes peut donner des résultats appréciables :

1° Par la fusion ou la séparation des plasmodiums, on arrive à découvrir chez les Myxomycètes l'espèce physiologique, élément d'une valeur réelle, échappant à tout subjectivisme, et qu'on peut utiliser dans le cas des espèces douteuses ou polymorphes provenant de plasmodiums différents;

2° Aux espèces physiologiques peuvent correspondre chez les Myxomycètes des caractères morphologiques assez marqués pour justifier la création d'autant d'espèces (*F. septica* Gmel.), des différences morphologiques faibles (*T. ferruginosa* Gmel.), ou même nulles (*P. squamulosum* Fr.).

3° Enfin l'application du principe de Torrend permettra de résoudre sur des bases expérimentales la question de l'hybridité chez les Myxomycètes sur laquelle nous n'avons jusqu'à présent que de vagues indications.

PROTISTOLOGIE. — *Les métamorphoses des* Fœttingeriidæ (*Ciliés*) *et les transformations de leur ciliature au cours du cycle évolutif*. Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Le cycle évolutif des Ciliés de la famille des *Fœttingeriidæ* présente une succession de phases d'une complication inconnue jusqu'ici chez les Infusoires et que nous avons décrite dans des Notes antérieures (¹). Ces phases sont reliées par des métamorphoses qui affectent à la fois la forme, la structure et la ciliature. Nous considérerons surtout ici les transformations de la ciliature dans le cas le plus simple et le plus général, celui de la *Fœttingeria* des Actinies.

1° *Trophonte*. — Au cours de sa vie végétative dans la cavité gastrovasculaire des Actinies, l'Infusoire, quelle que soit sa taille, porte 9 bandelettes ou stries ciliaires décrivant d'un pôle à l'autre un tour environ d'une hélice dextre. Entre deux de ces stries (1 et 2), vers la fin de leur tiers antérieur, se trouve le complexe buccal : bouche garnie de 3 courtes stries parallèles à celles de la ciliature générale, rosette portant en son centre une mèche vibratile.

2° *Tomontes*. — Au moment de l'enkystement, on assiste en quelques minutes à la fonte totale des bandelettes ciliaires. Une nouvelle ciliature, d'un type très différent de la première et sans continuité apparente avec celle-ci, se reforme sur l'Infusoire en voie de multiplication (tomonte). Elle se compose de 9 bandelettes rigoureusement méridiennes, équidistantes (ciliature générale) et de 6 bandelettes également méridiennes tassées entre deux des précédentes (ciliature ventrale). De ces 6 bandelettes, les 3 à droite sont normales, tandis que les 3 à gauche sont moins bien définies.

Protomite et tomite. — Pendant que la dernière scission palintomique s'achève, les stries ventrales se raccourcissent, mais restent strictement méridiennes. Il semblerait que de cette ciliature dût procéder directement celle du tomite mûr qui n'est que légèrement dextre. Il n'en est rien. Pendant le long temps (12 à 48 heures) qui s'écoule jusqu'à l'éclosion des tomites, des remaniements considérables se produisent qui caractérisent le stade protomite.

(¹) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1642; **180**, 1925, p. 229; **182**, 1926, p. 100; **185**, 1927, p. 675 et 877.

Au pôle postérieur, les stries de la ciliature générale se tassant les unes sur les autres, s'enroulent progressivement en une hélice d'un tour et demi environ. Cette torsion n'est nullement l'ébauche de celle qui affectera plus tard le tomonte et encore plus le trophonte, car elle est sénestre; elle est strictement limitée au pôle postérieur qui s'accroît aux dépens du reste du



1, tomonte pendant la palintomie; 2, tomite immédiatement après la dernière division; 3-4, début de la torsion et régression des stries; 5-6, torsion achevée, stries postorales régressées, champ quadrilatéral et champ falciforme en formation; 7, tomite mûr.

corps, allongeant celui-ci, et si accentuée et si constante qu'elle soit, elle est tout éphémère. Quelques heures avant l'éclosion du kyste, tout le segment tordu des bandelettes s'efface *in situ*, tandis que la gibbosité postérieure se refond dans la masse du Cilié qui récupère à peu près son galbe initial.

En même temps, la ciliature ventrale subit des transformations qui inté-

ressent aussi les stries 1 et 9 de la ciliature générale. Les trois stries du champ ventral gauche se raccourcissent progressivement et il n'en reste, en définitive, que la strie située le plus à gauche, laquelle a détaché en avant d'elle un tronçon qui forme la mèche vibratile de la rosette pharyngienne. Les trois stries du champ ventral droit se raccourcissent moins vite et forment, par multiplication latérale de leurs blépharoplastes, l'une un champ, les deux autres un autre champ ciliaire, qui se confondent en un seul : le *champ médian* du tomite. Les deux stries 1 et 9 de la ciliature générale forment par le même processus le *champ antérieur* du tomite tandis qu'elles se résorbent dans leur région moyenne. Leurs tronçons postérieurs ainsi isolés se joignant à la seule strie restante du système ventral gauche, forment avec elle les *trois stries postorales* du tomite. La bouche et la rosace, apparues déjà au stade protomite, se trouvent juste à l'extrémité antérieure de ces trois stries. Du fait de l'annexion à la ciliature ventrale des stries 1 et 9 de la ciliature générale, celle-ci ne comprend plus que sept stries subméridiennes (au lieu de neuf chez le trophonte), légèrement hélicoïdales dextres. Ce type de ciliature est caractéristique du tomite et différencie celui-ci de tous les autres stades du cycle.

Kyste phorétique. — Nous savons : 1° que le tomite libéré est immédiatement apte à se fixer et à s'enkyster sur un Crustacé où il reste en position d'attente jusqu'à l'ingestion de son hôte par une Actinie; 2° que le Cilié enkysté n'est capable d'éclore et d'évoluer en trophonte qu'au bout de 15 à 24 heures après l'enkystement; 3° que le jeune trophonte à l'éclosion est très différent du tomite : il est fortement tordu en hélice dextre; sa ciliature générale a 9 stries au lieu de 7 chez le tomite, sa ciliature buccale 3 courtes stries. Il ne porte plus de traces des champs ciliaires. Une nouvelle métamorphose s'est donc produite qui a nécessité le délai phorétique. Malheureusement le détail de cette métamorphose échappe jusqu'ici à l'observation. Contrairement à ce que l'on pouvait croire tout d'abord, elle ne consiste pas seulement en une torsion dextre du tomite par compression sous le kyste puisqu'elle s'accompagne de la restitution de deux stries à la ciliature générale et de la disparition des champs ciliaires ventraux antérieurs et médian. Chez certaines espèces (*Spirophrya*), elle affecte même la forme du noyau.

Si l'on compare maintenant à cette évolution de la ciliature de la *Fœttingeria* celle des autres *Fœttingeriidæ*, on reconnaît qu'il y a un stade où, quelles que soient les différences qu'elle présente aux autres phases, la morphologie de toutes les espèces de la famille se refond en un type d'une

parfaite uniformité. C'est le stade tomite bien caractérisé par les attributs décrits plus haut : champ antérieur, champ médian, stries postorales, et par le fait que le nombre des stries méridiennes complètes y est inférieur de deux unités à celui du trophonte (7 au lieu de 9 chez *Fœttingeria*, *Polyspira*, *Gymnodinioides*; 14 au lieu de 16 chez *Spirophrya*). Ces caractères du tomite permettent d'attribuer avec certitude à la famille des *Fœttingeriidæ* tout Cilié qui les présente.

Quoique le plus uniforme, le tomite n'est pas le stade le plus simple du cycle. C'est, en effet, chez les tomontes, gros ou petits, qu'on observe la ciliature entièrement méridienne qui époque celle des Holotriches indifférenciés. Mais chez aucun de ceux-ci, non plus que chez aucun autre Cilié, à notre connaissance, il n'existe de métamorphoses analogues à celles que nous offrent les *Fœttingeriidæ*. Leur caractère exceptionnel nous commande pour l'instant d'en réserver l'interprétation.

IMMUNOLOGIE. — *Essais sur l'immunisation des abeilles.* Note de M. **K. Toumanoff**, présentée par M. F. Mesnil.

L'acquisition de connaissances sur l'immunité des abeilles et de leurs larves pourra rendre plus facile la lutte contre leurs maladies. Partant de cette idée, nous avons fait de nombreuses expériences sur l'immunité naturelle et acquise de ces insectes. Pour cela nous nous sommes servi d'abeilles provenant de colonies vigoureuses que nous avions à notre disposition.

Pour l'injection des microbes ainsi que pour la détermination des doses minima mortelles, nous avons suivi la technique de M. Métalnikoff [1].

Les abeilles en expérience ont été placées dans des cages Roubaud [2] et nourries avec du sucre candi; un coton imbibé d'eau était placé sur la cage.

Avant d'aborder nos expériences d'immunisation, nous avons fait plusieurs essais sur la vitalité des abeilles prélevées des ruches et placées dans des cages.

Nous nous sommes rendu compte que les abeilles, provenant de bonnes colonies, peuvent très bien vivre dans les cages Roubaud à la température

(1) Métalnikoff, *Immunité naturelle et acquise des chenilles de* Galleria melonella (*Ann. Inst. Pasteur*, 35, 1921, p. 363; 36, 1922, p. 233).

(2) Cages en tulle que ce savant emploie pour les élevages de moustiques.

de 27°-30° C. pendant 10 jours, c'est-à-dire pendant le temps nécessaire à nos expériences.

A la température du laboratoire (20°-22°), les abeilles ont vécu dans les cages parfois jusqu'à 14-16 jours; disons tout de suite qu'elles supportent assez bien, dans ces conditions, la double injection de vaccin et de virus.

L'injection du vaccin et du virus aux abeilles a été faite dans la cavité générale, entre les segments abdominaux.

Nos expériences nous ont permis de constater que les abeilles possèdent une assez grande immunité naturelle à l'égard de différents microbes.

Les essais d'immunisation qui ont porté sur un grand nombre de microbes seront exposés plus tard d'une manière très détaillée. Dans cette Note brève, nous n'exposerons que les résultats de nos essais sur l'immunisation des abeilles contre *Bacillus alvei*, Ch. et Ch., microbe qui accompagne une maladie du couvain des abeilles connue vulgairement sous le nom de « loque européenne ».

Nos essais nous ont démontré que la dose minima mortelle de notre *Bac. alvei* pour les abeilles était de $\frac{1}{320}$ de centimètre cube (approximativement) de culture de 24 heures de *B. alvei* dans 1^{cm^3} d'eau physiologique en dilution de 1, 2 ou 3 gouttes pour 1^{cm^3}.

Après injection de ces doses, les abeilles meurent ordinairement au bout de 48-72 heures et parfois, mais rarement, survivent encore un ou deux jours.

Voici à titre d'exemples quelques expériences sur la vaccination des abeilles.

Expérience a. — Le 7 septembre 1927, 5 abeilles reçoivent chacune $\frac{1}{320}$ de centimètre cube du vaccin *B. alvei* (culture 24 heures chauffée à 60°C. pendant une demi-heure).

Le 8 septembre, elles reçoivent chacune $\frac{1}{320}$ de centimètre cube du virus (dilution d'une culture de 24 heures dans 1^{cm^3} d'eau physiologique, 1 goutte : 1^{cm^3}).

5 abeilles sont témoins.

Le 14 septembre, toutes les abeilles immunisées sont vivantes; tous les témoins sont morts.

Expérience b. — Le 12 septembre 1927, 15 abeilles reçoivent chacune $\frac{1}{320}$ de centimètre cube du vaccin *B. alvei* (dilution, 1 goutte : 1^{cm^3} d'une culture de 24 heures chauffée à 60° pendant une demi-heure).

Le 17 septembre, toutes reçoivent le virus, à la même dose.

Contrôle : 12 abeilles.

Le 19 septembre, 10 abeilles immunisées sont vivantes, 4 sont mortes. Les abeilles non immunisées sont toutes mortes.

Expérience c. — Six abeilles d'une de nos expériences, vaccinées le 7 septembre, survécurent à l'injection du virus jusqu'au 11 septembre (dilution, 3 gouttes : 1^{cm^3}).

Le 14 septembre, elles reçoivent de nouveau le virus ($\frac{1}{320}$ de centimètre cube; dilution, 4 gouttes : 1^{cm^3}).

Contrôle : 6 abeilles.

Le 19 septembre, 3 abeilles immunisées sont vivantes, 3 sont mortes. Les abeilles non immunisées sont toutes mortes.

Il ressort de ces expériences que les abeilles peuvent acquérir l'immunité contre des doses mortelles de *B. alvei*.

Les abeilles, comme d'autres insectes (travaux de Metalnikoff et ses élèves, de Paillot), peuvent donc acquérir l'immunité après une vaccination préalable.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Contribution à l'étude du processus de neutralisation entre toxines et antitoxines* (*Diphtérie et Tétanos*). Note [1] de M. S. **Schmidt**, présentée par M. Roux.

Nous devons à Danysz une constatation bien intéressante pour ce qui regarde la neutralisation de la toxine diphtérique par son antitoxine. En effet, ce savant a démontré déjà en 1902 qu'une certaine quantité de toxine diphtérique se montre plus active si elle est ajoutée à l'antitoxine par fractions que lorsqu'on introduit le volume entier en une seule fois. Danysz devait en conclure que la toxine était capable de fixer l'antitoxine suivant des proportions variables [2]. Ensuite plusieurs chercheurs se sont livrés à l'étude de ce phénomène remarquable, dit phénomène de Danysz ou de Bordet-Danysz. On sait aussi que plusieurs théories contradictoires ont été avancées pour arriver à une explication vraisemblable.

Nous nous sommes proposé d'étudier par des expériences purement physico-chimiques la neutralisation partielle entre toxine et antitoxine et avons employé la méthode de floculation de G. Ramon.

La floculation qui a lieu entre toxine et antitoxine donne, comme on sait, une image fidèle de ce qui se passe entre les deux éléments, surtout elle nous renseigne sur la vitesse de réaction d'une façon plus frappante que ne le font les expériences sur cobayes ou lapins, tout en excluant les nom-

---

[1] Séance du 31 octobre 1927.

[2] Rappelons que Bordet avait fait des constatations semblables pour d'autres anticorps et antigènes, ce qui l'a conduit à émettre la théorie d'adsorption.

breuses sources d'erreur que présente inévitablement chaque essai sur des animaux.

Nous avons opéré sur 10^{cm^3} de toxine et avons commencé par fixer la dose de sérum antitoxique nécessaire pour donner la première floculation en présence de cette quantité. Le titrage établi, nous avons préparé plusieurs séries d'expériences avec les mêmes quantités de sérum. A une série (essai témoin), nous avons ajouté le volume total (10^{cm^3}) de toxine en une fois; à d'autres séries, par contre, nous en avons introduit d'abord un certain pourcentage, par exemple, 1, 2, 4, 5, 6, 7 centimètres cubes, et après un séjour de contact avec le sérum de 12 à 20 heures à la température de 0°C., nous avons ajouté le reste de façon que le volume définitif de toxine fût toujours 10^{cm^3}.

Quand les mélanges étaient placés ensuite dans un bain-marie à 40°C., nous avons pu constater — étant d'accord avec Danysz — que la zone de floculation s'est déplacée sensiblement vers le côté antitoxique de la série. Relatons, à titre d'exemple, un essai avec la toxine et l'antitoxine diphtériques.

Un essai préliminaire nous permit de fixer la dose neutralisante de sérum à $0^{cm^3},53$. Nous préparâmes ensuite deux séries de tubes contenant les doses de sérum suivantes : 1,0; 0,91; 0,83; 0,76; 0,69; 0,63; 0,58; 0,53; 0,48; 0,44; 0,40 centimètres cubes en portant au volume total de 1^{cm^3} avec de l'eau physiologique. Dans la première série, nous introduisîmes 10^{cm^3} de toxine; dans la deuxième seulement 3^{cm^3}, soit 30 pour 100 du volume total. Les tubes furent ensuite placés dans la cave pendant 20 heures et puis mis au bain-marie. Avant la mise au bain-marie, nous ajoutâmes à la dernière série 7^{cm^3} de toxine dans chaque tube.

Il en résulta :

1° Essai témoin (10cm³ en une fois).		2° Neutralisation partielle (d'abord 3cm³, ensuite 7cm³).	
Eau salée.	Sérum.	Eau salée.	Sérum.
	1,0		1,0
0,09	0,91	0,09	0,91
0,17	0,83	0,17	0,83 (¹)
0,24	0,76	0,24	0,76 (²)
0,31	0,69	0,31	0,69 (³)
0,37	0,63 (¹)	0,37	0,63 (²)
0,42	0,58 (²)	0,42	0,58 (¹)
0,47	0,53 (³)	0,47	0,53
0,52	0,48 (²)	0,52	0,48
0,56	0,44 (¹)	0,56	0,44
0,60	0,40	0,60	0,40

(¹) Floculation faible. — (²) Floculation nette. — (³) Floculation très forte.

Dans le premier cas 1^{cm^3} de toxine flocule avec $0^{cm^3},53$ de sérum, soit $0,53 \times 25 = 14,25$ u. a. (le sérum employé contenait 250 u. a. par centimètre cube).

Dans le second cas 1^{cm^3} est capable de neutraliser $0,69 \times 25 = 17,25$ u. a.

La limite de L_f est diminuée alors de 0,07 jusqu'à 0,058. Des essais faits sur cobayes nous ont permis de constater un déplacement du même ordre des limites L_1 et L_0.

Pour ce qui concerne la toxine et l'antitoxine tétaniques nous avons retrouvé le même phénomène. La toxine tétanique, ajoutée par deux fractions, flocule avec une dose de sérum qui est de 20 à 40 pour 100 plus élevée que le même volume ajouté en une fois. Quelques auteurs ont voulu expliquer le phénomène de Danysz tout simplement par l'extrême lenteur avec laquelle s'effectue la neutralisation entre la toxine et l'antitoxine. La démonstration faite par nous antérieurement de l'existence de sérums à réaction instantanée suffit à elle seule pour réfuter cette hypothèse.

Mais, en outre, l'injection aux cobayes ou aux lapins de toxines partiellement neutralisées avec de tels sérums, présente un phénomène de Danysz très net.

Il ressort donc de ces expériences que le complexe formé par la toxine et l'antitoxine en excès réagit autrement, avec une nouvelle quantité de toxine, que l'antitoxine libre.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Autonomie antigène du sarcome de Rous.* Note [1] de MM. **E. Wollman** et **Achille Urbain**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente [2] nous avons montré qu'un sérum de lapin préparé avec du sarcome de Rous fixe fortement l'alexine (1500 unités) en présence de son antigène alors qu'il est à peu près inactif (10 unités) avec du tissu musculaire normal de poule (pectoral prélevé en dehors du foyer néoplasique).

Le tissu du sarcome de Rous diffère donc beaucoup par ses propriétés antigènes du tissu normal ambiant. Écartant l'hypothèse d'un virus dont le pouvoir antigène propre viendrait s'ajouter à celui des cellules de l'organisme nous avions interprété ce résultat en admettant que dans le sarcome dit infectieux, comme dans la bactériophagie, il s'agirait d'une variation

---

(1) Séance du 7 novembre 1927.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1210.

cellulaire se traduisant entr'autres choses par une modification des caractères antigènes.

On pouvait se demander, toutefois, si les résultats enregistrés ne pouvaient s'expliquer, plus simplement, par la présence au niveau du néoplasme de cellules très différentes par leur origine des éléments musculaires environnants. La tumeur étant assez souvent fortement hémorragique il importait de tenir compte de la présence de grandes quantités de sang. D'autre part, étant donnée la nature des cellules néoplasiques (Carrel) il y avait lieu de comparer les propriétés antigènes de ces cellules avec celles d'un tissu à monocytes tel que le tissu splénique.

Dans ce but nous avons préparé des sérums pour le sarcome de Rous, ainsi que pour le tissu musculaire normal et pour le sang de poule en soumettant des lapins à une série d'injections avec chacun de ces antigènes. Ces sérums furent titrés au point de vue de leur teneur en sensibilisatrices vis-à-vis des antigènes homologues et hétérologues. Dans une autre expérience le sérum antitumeur le fut également vis-à-vis d'un antigène constitué par une émulsion de pulpe splénique de poule.

La technique suivie fut celle décrite dans la Note précédente. Voici les résultats obtenus exprimés en unités d'anticorps d'après la méthode de titrage de Calmette et Massol :

	Antigènes.		
Première expérience :	Tumeur.	Muscle.	Sang.
Sérum antitissu musculaire	20	500	5
Tumeur	5000	50	15
Sang	0	0	50

	Antigène.	
Deuxième expérience :	Tumeur.	Rate.
Sérum antitumeur	plus de 1000 (¹)	0

Ces résultats confirment ceux que nous avons rapportés dans notre première Note. Ils montrent en outre que les différences entre les propriétés antigènes du tissu néoplasique et celles du muscle environnant ne tiennent pas à la teneur, souvent considérable, en sang, de la tumeur. Enfin, il n'y a pas plus de parenté antigénique entre le tissu splénique et le tissu du sarcome qu'il n'y en a entre celui-ci et le tissu musculaire.

Quelle que soit l'origine qu'on lui attribue le tissu néoplasique présente

(¹) Le titrage n'a pas été poussé plus loin.

donc une autonomie antigène tout à fait nette. Ainsi que nous le faisions remarquer dans notre première Note, l'intensité même de cette fonction antigène nouvelle, étrangère aux cellules normales de l'organisme, permet difficilement de la rapporter à un virus invisible surajouté. Elle s'explique mieux dans l'hypothèse d'une modification des propriétés antigènes des cellules elles-mêmes, telle qu'on peut en observer, par exemple, au cours de certaines mutations bactériennes.

M. **Victor Aubert** adresse une Note intitulée *Gisement préchelléen et moustérien et ossements d'*Elephas primigenius *à Epone* (*S.-O.*).

A 17^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h30^m.

A. Lx.